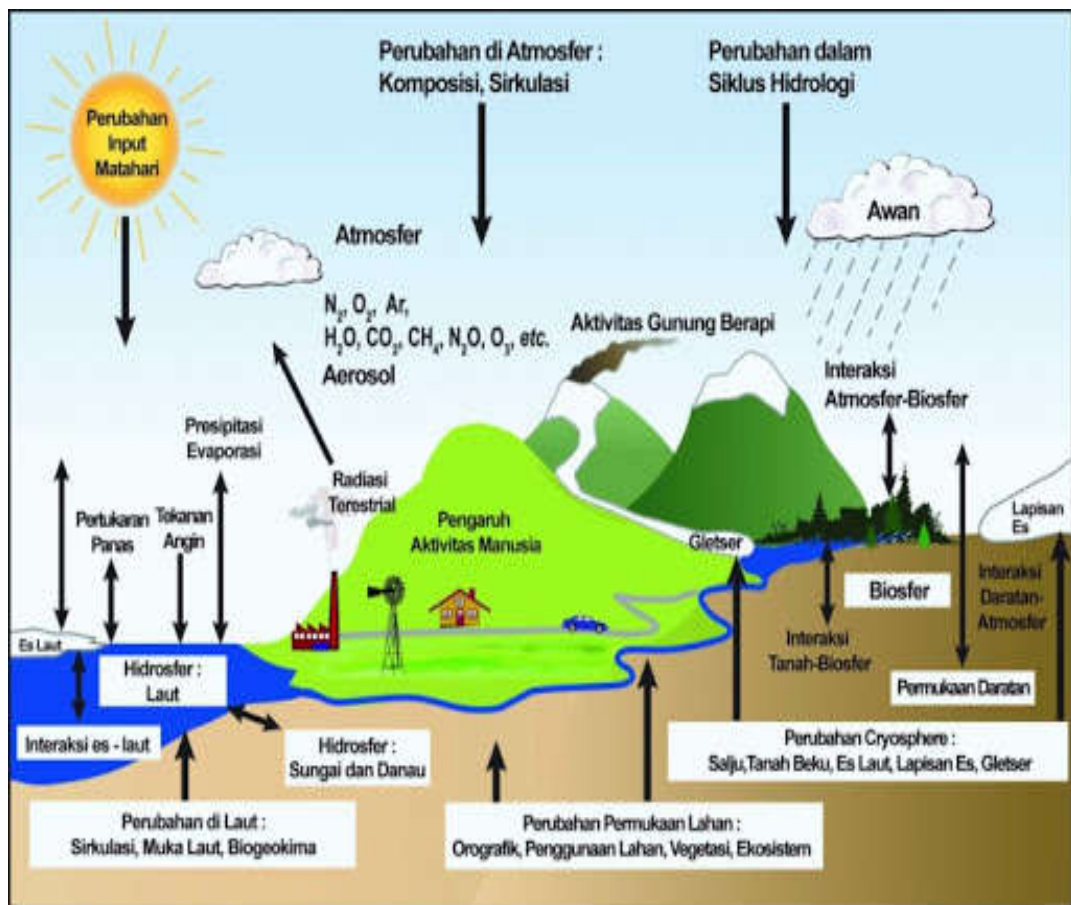




Buku Pegangan hanya untuk Kalangan Internal

Modul Fisika Lingkungan



Penulis :

Nya Daniaty Malau, M.Si

**Program Studi Pendidikan Fisika
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Kristen Indonesia**

2019

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur kehadiran Tuhan Yang Esa yang telah memberikan rahmat dan kasih-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan Modul Fisika Lingkungan. Ucapan terimakasih juga diberikan kepada Rektor Universitas Kristen Indoesia, Dekan dan Ketua program studi Pendidikan Fisika FKIP UKI. Serta berbagai pihak yang terlibat dalam penulisan dan penyusunan modul ini.

Modul Fisika Lingkungan ini merupakan buku pegangan wajib mahasiswa untuk matakuliah Fisika Lingkungan dan Biofisika pada Kurikulum Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia (KKNI) di program studi pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Kristen Indonesia (FKIP-UKI).

Modul Fisika Lingkungan ini berisi penjelasan mengenai materi-materi dalam mata kuliah Fisika Lingkungan dan Biofisika mulai dari air, udara, tanah, suara, cuaca, pengelolaan limbah, bencana alam, dan energi terbarukan. Selain itu, modul ini juga berisi tentang aplikasi Fisika Lingkungan di dalam kehidupan sehari-hari, sehingga mempermudah mahasiswa memahami materi dan pengaplikasian ilmunya. Modul ini juga disertai dengan contoh soal dan evaluasi formatif yang dapat membantu mahasiswa untuk lebih memahami perumusan dan materi dari Fisika Lingkungan.

Tak ada gading yang tak retak, kami pun menyadari banyaknya kekurangan dari Modul Fisika Lingkungan ini maka kami mengharapkan masukan dan kritikan yang dapat membangun dan memperbaiki isi dari Modul Fisika Lingkungan ini.

Jakarta, 01 November 2019

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iii
PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL	v
MODUL 1 Air	1
Kegiatan 1 Pengenalan Air	1
Kegiatan 2 Pencemaran Air	26
Kegiatan 3 Analisis Penanggulangan Pencemaran Air	38
MODUL 2 Udara	47
Kegiatan 1 Pengenalan Udara	47
Kegiatan 2 Pencemaran Udara	57
Kegiatan 3 Analisis Pengukuran Pencemaran Udara	72
Kegiatan 4 Analisis Pencemaran Penanggulangan Udara	81
MODUL 3 Tanah	89
Kegiatan 1 Ruang Lingkup Tanah	89
Kegiatan 2 Pencemaran Tanah	104
Kegiatan 3 Titik Pengambilan Sampel Tanah	114
Kegiatan 4 Pemeriksaan Parameter Fisik Tanah	124
MODUL 4 Suara	142
Kegiatan 1 Ruang Lingkup Suara	142
Kegiatan 2 Pencemaran Suara	154
Kegiatan 3 Metode Pengukuran Serap Suara	167
MODUL 5 Cuaca	175
Kegiatan 1 Unsur-unsur Cuaca	175
Kegiatan 2 Pengukuran Unsur-unsur Cuaca	191
Kegiatan 3 Pengaruh Perubahan Cuaca Bagi Kehidupan Manusia	199

MODUL 6 Pengolahan Limbah	206
Kegiatan 1 Limbah Domestik dan Sampah	207
Kegiatan 2 Jenis-Jenis Limbah Rumahtangga	219
Kegiatan 3 Konsep Pengolahan Limbah Rumah tangga	229
 MODUL 7 Bencana Alam	 237
Kegiatan 1 Bencana Alam	237
Kegiatan 2 Bencana Alam Akibat Kegiatan Manusia	264
Kegiatan 3 Penanggulangan Bencana Alam	285
 MODUL 8 Energi Terbarukan	 302
Kegiatan 1 Energi Terbarukan	303
Kegiatan 2 Bioenergi	318
Kegiatan 3 <i>Dye Sensitized Solar Cell</i>	331
 DAFTAR PUSTAKA.....	 344

PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL

Pendahuluan

Pada bagian pendahuluan berisikan pengantar dari materi yang akan dibahas dalam modul biasanya banyak dihubungkan dengan kehidupan sehari-hari.

Kegiatan Pembelajaran

Pada bagian ini berisikan tujuan mempelajari modul atau kemampuan yang diharapkan setelah menggunakan modul.

Uraian Materi

Pada bagian uraian materi, kita akan menemukan beberapa bagian yakni :

1. Konsep Materi

Pada konsep materi akan dipaparkan materi yang harus dipahami yang dilengkapi dengan contoh soal.

2. Penugasan Kelas

Pada bagian ini, mahasiswa diminta untuk berdiskusi dengan kelompok masing-masing tentang permasalahan yang ditemukan setelah mempelajari konsep materi, kemudian memaparkannya dalam bentuk presentasi.

3. Rangkuman

Bagian ini berisi intisari dari keseluruhan konsep materi, sehingga mempermudah mahasiswa dalam memahami materi dalam satu kegiatan pembelajaran

4. Evaluasi Formatif

Pada bagian ini berisikan tentang evaluasi yang digunakan untuk mengukur sejauh mana pemahaman mahasiswa secara personal terhadap materi yang diberikan

5. Lembar Kerja Praktek

Bagian ini merupakan tempat mahasiswa mengerjakan evaluasi formatif yang diberikan.

Rangkuman Modul

Bagian ini berisi intisari dari keseluruhan konsep materi, dalam satu modul yang mana biasanya terdiri dari dua atau lebih kegiatan pembelajaran. Bagian ini bertujuan mempermudah mahasiswa dalam memahami keseluruhan materi dalam satu modul.

Praktikum/ Project

Bagian ini berisi bahan praktikum/project sesuai dengan materi dalam suatu modul yang bisa dikerjakan baik di kelas maupun dilaboratorium

Daftar Pustaka

Bagian ini berisikan referensi materi yang digunakan dalam penyusunan modul ini, dan bisa digunakan mahasiswa sebagai bahan ajar tambahan selain modul ini.

Modul 1:

AIR

PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan pokok bagi semua makhluk hidup, mulai dari manusia, tanaman dan hewan. Kegiatan manusia sehari-hari tidak lepas dari air, mulai dari mandi, mencuci, minum, masak, menyiram tanaman dan lain-lain. Air bisa disebut sebagai sumber kehidupan. Makhluk hidup bahkan tidak dapat hidup tanpa air. Air adalah senyawa H_2O yang merupakan bagian paling penting dalam kehidupan dan manusia tidak dapat dipisahkan dengan air. Air dalam tubuh manusia berkisar antara 50 - 80% dengan rincian 55% - 60% berat badan orang dewasa terdiri dari air, untuk anak-anak sekitar 65% dan untuk bayi sekitar 80% dari seluruh badan. Air adalah bagian terbesar penyusun tubuh makhluk hidup. Tubuh kita mengandung air lebih dari 60 %. Sebagian besar permukaan bumi ditutupi oleh air atau lautan. Air mengisi cekungan-cekungan di permukaan bumi, seperti terbentuknya laut, danau, situ, kolam, sungai, dan mata air. Air menentukan kesuburan tanah. Air ada di berbagai lapisan bumi, di permukaan bumi, udara, dan di dalam bumi. Air di dalam bumi disebut air tanah sebagai sumber mata air. Indonesia sangat beruntung mengandung banyak air, sehingga kita patut bersyukur kepada Tuhan Yang Maha Kuasa. Indonesia adalah Negara Maritim, karena terdiri dari banyak kepulauan yang dikelilingi oleh laut-laut, dan diapit oleh dua lautan yang sangat luas adalah Lautan Pasifik dan lautan Indonesia (Hindia). Selain itu, Indonesia diapit oleh dua benua, yaitu benua Asia dan Australia

Kegiatan Pembelajaran 1: Pengenalan Air

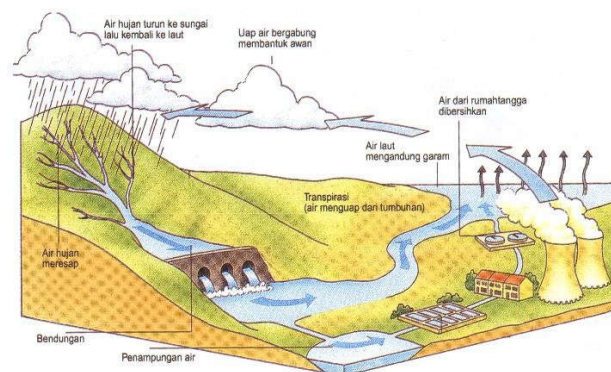
KEMAMPUAN AKHIR YANG DIHARAPKAN

1. Mahasiswa memiliki pengertian dan pemahaman tentang Air dalam kehidupan
2. Mahasiswa mampu memahami dan mengetahui sumber Air dalam kehidupan
3. Mahasiswa memiliki pengetahuan dan pengertian tentang sifat-sifat Air
4. Mahasiswa mampu mengetahui macam-macam Air berdasarkan kegunaannya dalam kehidupan sehari-hari

URAIAN MATERI**A. Pengertian Air**

Air merupakan substansi kimia dengan rumus kimia H_2O . Air pada kondisi standar atau yang dapat digunakan bersifat tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau. Air merupakan sumber daya alam yang tidak terbatas, akan tetapi air memiliki sifat alami sebagai pelarut, oleh karena itu air sangat mudah terkontaminasi oleh bahan-bahan atau zat kimia yang dapat mencemari keadaan air tersebut. Air merupakan salah satu sumber daya alam yang memiliki fungsi sangat penting bagi kehidupan dan peri kehidupan manusia, serta untuk memajukan kesejahteraan umum, sehingga merupakan modal dasar dan faktor utama pembangunan. Penggunaan air yang utama dan sangat vital bagi kehidupan adalah sebagai air minum. Hal ini terutama untuk mencukupi kebutuhan air di dalam tubuh manusia itu sendiri. Kehilangan air untuk 15% dari berat badan dapat mengakibatkan kematian yang diakibatkan oleh dehidrasi. Karenanya orang dewasa perlu meminum minimal sebanyak 1,5 – 2 liter air sehari untuk keseimbangan dalam tubuh dan membantu proses metabolisme.

Air ada di berbagai lapisan bumi, di permukaan bumi, udara, dan di dalam bumi. Air di dalam bumi disebut air tanah sebagai sumber mata air. Air hujan yang jatuh ke bumi diserap oleh tanah menjadi air tanah. Mata air di gunung sebagai sumber aliran air sungai. Semua sungai mengalirkan airnya ke laut. Air laut dapat menguap oleh pemanasan sinar matahari. Uap air menjadi awan atau mendung sebagai bakal hujan. Air di alam mengalami daur ulang sebagaimana ditunjukkan gambar di bawah ini:

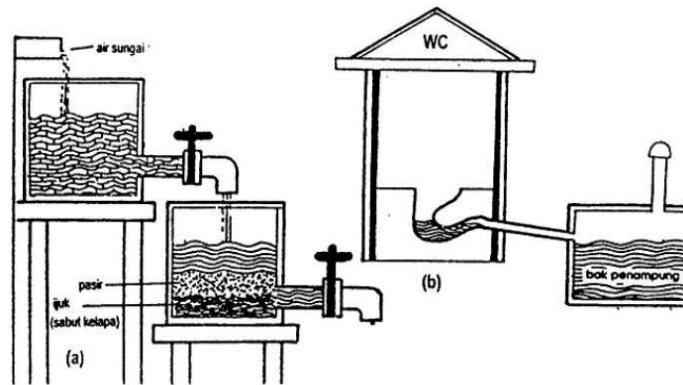


Gambar 1.1 Air ada di berbagai lapisan bumi mengalami daur ulang. Sebaran air di bumi berbeda-beda, menyebabkan adanya pembagian iklim di bumi. Bagian bumi yang mengandung air disebut Hidrosfer. Air memiliki fase berbeda-

beda dipengaruhi oleh faktor suhu. Daerah kutub permukaannya ditutupi oleh air beku (es/salju), karena daerah ini suhunya sangat dingin, mendekati suhu 0 derajat Celcius. Air mulai membeku pada suhu 4 derajat Celcius sehingga disebut suhu anomali air. Gurun mengandung sangat sedikit air, sehingga tampak gersang, karena suhu di daerah ini sangat panas. Daerah yang kandungan airnya banyak menyebabkan tanahnya menjadi subur dan makmur. Tanah subur dapat ditanami tumbuhan apa saja. Indonesia diapit oleh dua benua, yaitu benua Asia dan Australia. Indonesia sendiri terletak di daerah katulistiwa. Dengan demikian, Indonesia terletak pada garis balik perpindahan letak matahari terhadap bumi; hal inilah yang menyebabkan perbedaan suhu di antara ke dua benua. Bilamana matahari berkedudukan di bagian belahan Utara Bumi (daratan benua Asia), maka menyebabkan udara di daerah Asia bertekanan rendah dan di belahan Selatan Bumi (daerah benua Australia) bertekanan tinggi, sehingga bertiuplah angin dari Tenggara ke Barat Laut. Angin ini melewati laut-laut yang sempit sehingga sangat sedikit membawa uap air; akibatnya di Indonesia mengalami musim kemarau atau kurang air hujan. Sebaliknya, bilamana posisi matahari pada Garis Balik Selatan, maka suhu di daerah Australis panas, udaranya bertekanan rendah, dan di daerah Asia bertekanan tinggi; akibatnya angin bertiup dari Barat Daya ke Timur Laut. Karena angin ini melewati lautan yang luas (Lautan Indonesia), sehingga banyak membawa uap air; akibatnya di Indonesia mengalami musim penghujan atau banyak air. Oleh karena Indonesia Barat memiliki banyak gunung yang tinggi-tinggi, menyebabkan uap air yang dibawa oleh angin Barat Daya tadi sehingga di daerah ini banyak hujan. Hal yang sebaliknya terjadi pada daerah Indonesia bagian Timur, sehingga daerah ini curah hujannya sangat rendah, terutama Nusa Tenggara. Di daerah ini banyak ditemukan sabana atau padang rumput sehingga cocok untuk daerah peternakan. Daerah Sumbawa dikenal dengan peternakan kudanya, dan produksi susu kuda liarnya yang sangat penting bagi kesehatan manusia. Adapun di Indonesia bagian Barat banyak terjadi hujan sehingga sungai-sungai terairi dengan baik. Aliran air sungai sangat penting bagi sumber air untuk daerah pertanian atau pesawahan. Itulah sebabnya, penduduk Indonesia bagian Barat mengkonsumsi padi sebagai bahan makanan pokoknya.

Berdasarkan komposisinya, air ada dua macam, yaitu air murni dan air tak murni. Air murni hanya mengandung 2 atom H (hydrogen) dan 1 atom O (oksigen), sehingga rumusnya H_2O . Air di alam adalah tidak murni, karena mengandung mineral. Untuk mendapatkan air murni harus disuling, maka air murni disebut air suling. Tetapi berdasarkan tingkat kesehatannya, ada air bersih dan air kotor. Air

bersih merupakan air yang bebas dari bahan berbahaya dan kuman penyakit. Air kotor mengandung kotoran, apakah mengandung lumpur, kuman, atau bahan berbahaya bagi kesehatan. Air kotor biasanya ke luar dari limbah pabrik, limbah rumah tangga, atau tercemar oleh bahan pencemar lainnya. Bagaimanakah tanda-tanda air kotor ? Air kotor ditandai oleh warnanya yang tidak jernih, baunya yang tidak enak, rasanya pun tidak enak, dan mungkin ditemukan pula mikroba. Mikroba adalah jasad renik, makhluk hidup yang sangat kecil dan hanya bias dilihat dengan bantuan mikroskop. Ada mikroba yang bersifat berbahaya atau merusak kesehatan tubuh. Air kotor dapat diolah menjadi air bersih melalui proses penjernihan. Proses penjernihan air kotor dapat dilakukan melalui



Gambar 1.2 Proses penjernihan air kotor menjadi air bersih

A. Sumber Air

1. Sumber Air di Alam

Sumber air di alam terdiri atas air laut, air atmosfer (air meteorologi), air permukaan, dan air tanah.

a. Air Laut

Laut merupakan Perairan yang lebih sempit dari samudra dan terdiri atas laut pedalaman, laut pertengahan, dan laut tepi. Berdasarkan proses terjadinya, laut dibedakan menjadi laut transgresi dan laut insgresi. Dalam kamus sains bergambar yang disebut dengan laut merupakan sesuatu yang hidup di air laut, misalnya bahari, dan ekologi laut yang biasanya mengandung 2,8 % natrium klorida, 0,4 % magnesium klorida, 0,2 % magnesium sulfat, 0,1 % kalsium sulfat, dan 0,1% kalium klorida.²⁰ Berdasarkan letaknya dibedakan atas laut pedalaman, laut tepi, laut tengah, dan samudra. Laut paling luas di seluruh dunia adalah Laut Cina selatan. Laut seluruhnya 2.974.600 km², diapit oleh gugusan kepulauan Filipina (Timur), Vietnam (Barat), Serawak (Selatan), dan Cina (Utara). Lautan atau

samudra paling luas adalah samudra pasifik terdiri dari 45,8% dari seluruh bagian samudra di dunia yang berjumlah 165.250.000 km². Letaknya di antara ketiga benua Amerika dan Asia/ Australia. Laut merupakan suatu kumpulan air asin dalam jumlah yang banyak dan luas yang menggenangi dan membagi daratan atas benua atau pulau. Jadi laut merupakan air yang menutupi permukaan tanah yang sangat luas dan umumnya mengandung garam dan berasa asin. Biasanya air mengalir yang ada di darat akan bermuara ke laut.

b. Air Atmosfir, Air Meteriologik

Dalam kehidupan sehari-hari air ini dikenal sebagai air hujan. Dapat terjadi pengotoran dengan adanya pengotoran udara yang disebabkan oleh kotoran – kotoran industri/debu dan lain sebagainya tetapi dalam keadaan murni sangat bersih. Sehingga untuk menjadikan air hujan sebagai sumber air minum hendaknya tidak menampung air hujan pada saat hujan baru turun, karena masih mengandung banyak kotoran. Selain itu air hujan memiliki sifat agresif terutama terhadap pipa-pipa penyalur maupun bak-bak reservoir, sehingga hal ini akan mempercepat terjadinya korosi (karatan). Disamping itu air hujan ini mempunyai sifat lunak sehingga akan boros terhadap pemakaian sabun.

Air atmosfer (air hujan) masih dalam keadaan murni, sangat bersih. Tetapi karena adanya pengotoran udara yang disebabkan oleh kotoran-kotoran industri debu dan lain sebagainya, maka untuk menjadikan air hujan sebagai sumber air minum, hendaknya jangan menampung air hujan saat hujan mulai turun karena air hujan yang pertama kali turun tersebut masih mengandung banyak kotoran. Selain itu air hujan mempunyai sifat agresif terutama terhadap pipa-pipa penyalur maupun bak-bak reservoir, sehingga hal ini akan mempercepat terjadinya korosi (karatan). Air hujan ini juga memiliki sifat lunak, sehingga akan boros terhadap pemakaian sabun. Sifat lunak yang dimaksud adalah tingkat kesadahan air hujan yang melebihi ambang batas *water hardness* (kesadahan air). Dari segi kuantitas, air hujan tergantung pada besar kecilnya curah hujan, sehingga air hujan tidak mencukupi untuk persediaan umum karena jumlahnya berfluktuasi. Begitu pula bila dilihat dari segi kontinuitasnya, air hujan tidak dapat diambil secara terus menerus karena tergantung pada musim. Pada musim kemarau kemungkinan air akan menurun karena tidak ada penambahan air hujan.

c. Air Permukaan

Menurut Chandra (2006) dalam buku Pengantar Kesehatan Lingkungan, air permukaan merupakan salah satu sumber penting bahan baku air bersih. Faktor-faktor yang harus diperhatikan, antara lain :

- 1) Mutu atau kualitas baku
- 2) Jumlah atau kuantitasnya
- 3) Kontinuitasnya

Air permukaan adalah air hujan yang mengalir di permukaan bumi. Air permukaan seringkali merupakan sumber air yang paling tercemar, baik karena kegiatan manusia, fauna, flora, dan zat-zat lainnya. Air permukaan meliputi :

a. Air Sungai

Air sungai memiliki derajat pengotoran yang tinggi sekali. Hal ini karena selama pengalirannya mendapat pengotoran, misalnya oleh lumpur, batang-batang kayu, daun-daun, kotoran industri kota dan sebagainya. Oleh karena itu dalam penggunaannya sebagai air minum haruslah mengalami suatu pengolahan yang sempurna.

b. Air Rawa

Kebanyakan air rawa berwarna kuning coklat yang disebabkan oleh adanya zat – zat organis yang telah membusuk, misalnya asam humus yang larut dalam air. Dengan adanya pembusukan kadar zat organis yang tinggi tersebut, maka umumnya kadar mangan (Mn) akan tinggi pula dan dalam keadaan kelarutan O₂ kurang sekali (anaerob), maka unsur-unsur mangan (Mn) ini akan larut.

d. Air Tanah

Menurut Chandra (2006) dalam buku Pengantar Kesehatan lingkungan , air tanah merupakan sebagian air hujan yang mencapai permukaan bumi dan menyerap ke dalam lapisan tanah dan menjadi air tanah. Sebelum mencapai lapisan tempat air tanah, air hujan akan menembus beberapa lapisan tanah dan menyebabkan terjadinya kesadahan pada air. Kesadahan pada air ini akan menyebabkan air mengandung zat-zat mineral dalam konsentrasi. Zat-zat mineral tersebut antara lain kalsium, magnesium, dan logam berat seperti besi dan mangan.

1) Air Tanah Dangkal

Air tanah dangkal terjadi karena daya proses peresapan air dari permukaan tanah. Lumpur akan tertahan, demikian pula dengan sebagian bakteri, sehingga air tanah akan jernih tetapi lebih banyak mengandung zat kimia (garam-garam yang terlarut) karena melalui lapisan tanah yang mempunyai unsur-unsur kimia tertentu untuk masing-masing lapisan tanah. Lapisan tanah di sini berfungsi

sebagai saringan. Disamping penyaringan, pengotoran juga masih terus berlangsung, terutama pada muka air yang dekat dengan muka tanah, setelah menemui lapisan rapat air, air yang akan terkumpul merupakan air tanah dangkal dimana air tanah ini dimanfaatkan untuk sumber air minum melalui sumur-sumur dangkal.

2) Air Tanah Dalam

Air tanah dalam dikenal juga dengan air artesis. Air ini terdapat diantara dua lapisan kedap air. Lapisan diantara dua lapisan kedap air tersebut disebut lapisan akuifer. Lapisan tersebut banyak menampung air. Jika lapisan kedap air retak, secara alami air akan keluar ke permukaan. Air yang memancar ke permukaan disebut mata air artesis. Pengambilan air tanah dalam, tak semudah pada air tanah dangkal. Dalam hal ini harus digunakan bor dan memasukkan pipa kedalamnya sehingga dalam suatu kedalaman (biasanya antara 100-300 m) akan didapatkan suatu lapis air. Jika tekanan air tanah ini besar, maka air dapat menyembur ke luar dan dalam keadaan ini, sumur ini disebut dengan sumur artesis. Jika air tidak dapat ke luar dengan sendirinya, maka digunakan pompa untuk membantu pengeluaran air tanah dalam ini.

3) Mata Air

Mata air merupakan air tanah yang keluar dengan sendirinya ke permukaan tanah. Mata air yang berasal dari tanah dalam, hampir tidak terpengaruh oleh musim dan kualitas/ kuantitasnya sama dengan keadaan air dalam. Berdasarkan keluarnya (munculnya ke permukaan tanah) mata air dapat dibedakan atas :

- a. Mata Air Rembesan, yaitu mata air yang airnya keluar dari lereng-lereng,
- b. Umbul, yaitu mata air dimana airnya keluar ke permukaan pada suatu dataran.

B. Sifat-sifat Air

Secara umum air memiliki sifat-sifat sebagai berikut: (1) Air yang tenang selalu datar permukaannya; (2) Air memiliki gaya tekan ke segala arah; (3) Air dapat melarutkan zat tertentu; (4) Air memiliki massa jenis satu, karena setiap satuan sentimeter kubiknya menghasilkan satu gram, atau setiap satuan desimeter kubiknya menghasilkan massa sebesar satu kilogram; (5) Air dapat berubah wujud akibat pengaruh suhu lingkungannya.

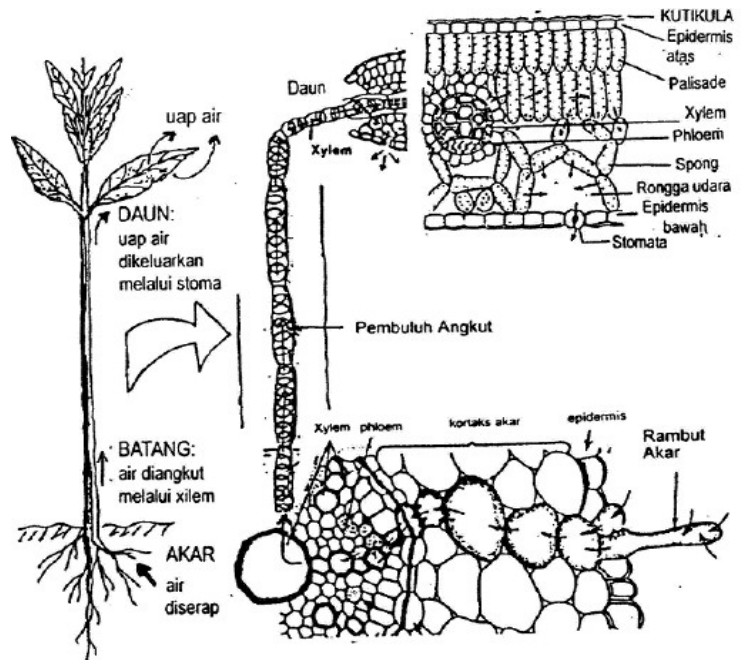
1. Air yang tenang selalu datar permukaannya

Aliran air bergerak dari permukaan yang tinggi ke permukaan yang lebih rendah. Bila permukaan air sama, maka air dalam keadaan tenang atau tidak

bergerak lagi. Air dalam bejana berhubungan permukaannya selalu sama, kecuali air pada pipa kapiler. Perbedaan ketinggian permukaan air antara keduanya, menentukan derasness aliran air. Aliran atau gerakan air yang deras dapat dimanfaatkan untuk memutar generator guna menghasilkan energi (tenaga) listrik. Itulah sebabnya pembangkit listrik dengan menggunakan tenaga air (PLTA) sering didirikan di daerah aliran sungai di pegunungan. Hukum bejana berhubungan mengatakan bahwa air dalam bejana berhubungan permukaannya sama. Ternyata hukum bejana berhubungan ini tidak berlaku pada pipa kapiler, mengapa ? Pipa kapiler artinya pipa yang berukuran diameternya sangat kecil (dalam ukuran milli atau mikron). Pada pipa kapiler terdapat **daya adhesi** air dengan dinding pipa kapilernya lebih kuat daripada **daya kohesinya**, sehingga permukaan airnya menjadi lebih tinggi. **Daya adhesi** adalah daya tarik menarik antar molekul yang berbeda, seperti daya tarik menarik antara molekul air dengan dinding pipa kapiler. **Daya kohesi** adalah daya tarik menarik antar molekul yang sejenis, seperti daya tarik menarik molekul air sendiri. Apabila kamu perhatikan secara teliti tentang permukaan air dalam sebuah tabung, ternyata pada bagian tepi atau dinding tabung itu, permukaan airnya membentuk cekungan ke atas; artinya daya adhesinya lebih kuat dibandingkan kohesinya. Pipa kapiler di alam terdapat pada tumbuhan tinggi, yaitu pembuluh kayu (*xilem*). Pembuluh kayu pada tumbuhan merupakan pipa-pipa kapiler, karena setiap dinding melintangnya luruh. Hal ini berbeda dengan jaringan lainnya, seperti parenkim, sel-selnya masih memiliki dinding melintang. Itulah sebabnya tumbuhan yang tingginya mencapai lima puluh meter masih dapat memperoleh air untuk kehidupannya. Daya kapileritas suatu pipa dapat menaikkan air hingga mencapai lima puluh meter. Bagaimanakah halnya dengan tumbuhan yang tinggi lebih dari lima puluh meter atau mencapai seratus meter untuk memperoleh air ?

Tumbuhan dapat mengisap air tanah oleh adanya **tekanan osmosis** pada sel-sel akarnya, batangnya dan sel-sel daunnya. Tekanan akar pada tumbuhan mampu menaikkan air dari tanah sampai setinggi 2 meter. Adanya tekanan akar, daya adhesi air dengan dinding pembuluh kayu pada batang tanaman itu, dan dibantu oleh daya isap daun itulah menyebabkan tumbuhan yang sangat tinggi pun dapat memperoleh air dan zat-zat yang terlarut di dalamnya. Daya isap daun disebabkan oleh adanya tekanan osmosis pada sel-sel daun. **Tekanan osmosis sel-sel daun** adalah daya isap sel-sel daun yang disebabkan oleh sel-sel daun

tersebut memiliki konsentrasi larutan lebih tinggi daripada sel-sel sekitarnya, mengapa? Sel-sel daun memiliki klorofil (zat hijau daun) sehingga dapat berfotosintesis. Sel-sel daun yang berfotosintesis menghasilkan zat gula sehingga konsentrasi cairan sel-selnya menjadi lebih tinggi; dan akibatnya mampu mengisap air yang ada di sekitarnya. Kondisi ini menyebabkan sel-sel daun mampu mengisap air pada sel-sel batang hingga sel-sel akarnya, yang pada akhirnya sel-sel akar pun menjadi mampu mengisap air tanah. Pada kejadian ini menunjukkan kepada manusia bahwa naiknya air tanah hingga ke bagian daun untuk keperluan fotosintesis adalah berkat kerja sama antara daya isap daun, daya kapileritas pembuluh kayu pada batangnya, dan dibantu oleh adanya tekanan akarnya yang memiliki tekanan osmosis terhadap air tanah. Hal ini menjadi pelajaran bagi manusia, bahwa kelancaran program pembangunan pemerintah perlu didukung oleh semua lapisan masyarakat, baik masyarakat tingkat bawah (tekanan akar atau daya osmosis akar), masyarakat tingkat menengah (daya kapileritas batang) dan masyarakat tingkat atas (daya isap daun). Untuk jelasnya bagaimana peran akar, batang dan daun dalam pengangkutan air tanah, coba kamu pelajari gambar berikut:



Gambar 1.3 Kerja sama tekanan akar, daya kapiler batang, dan daya isap daunnya menyebabkan tumbuhan memperoleh air dan zat-zat yang dibutuhkan.

Apabila kita perhatikan dengan lebih teliti keadaan permukaan air dalam sebuah bejana, ternyata permukaannya tidak mendatar persis tetapi pada bagian pinggir

dinding bejana membuat permukaan cekung ke atas sedikit atau lebih tinggi daripada permukaan air di bagian tengahnya. Hal ini disebabkan oleh adanya daya adhesi air dengan dinding bejana lebih kuat daripada daya kohesi air itu sendiri. Itulah sebabnya, apabila bejana tersebut berupa pipa kapiler, maka adhesi air yang terjadi pada dinding kapiler akan berimpit, dan saling menyatu sehingga mendorong menaikinya permukaan air di dalam pipa kapiler itu. Semakin kecil diameter pipa kapiler, semakin tinggi permukaan air yang terbentuk. Hasil penelitian, ternyata kemampuan daya kapileritas untuk pipa kapiler terkecil hanya mampu menaikkan permukaan air setinggi lebih kurang 50 meter saja. Daya adhesi dan kohesi setiap zat cair adalah berbeda-beda. Pada contoh air, ternyata daya adhesinya lebih kuat daripada daya kohesinya sehingga permukaan air tersebut agak cekung. Hal ini, berbeda dengan air raksa atau air berat (Hg) memiliki daya adhesi yang lebih lemah dibandingkan daya kohesinya; akibatnya permukaan air raksa pada sebuah tabung terbentuk agak cembung, karena bagian tepi yang bersentuhan dengan dinding bejana menurun.

2. Air memiliki gaya tekan ke segala arah

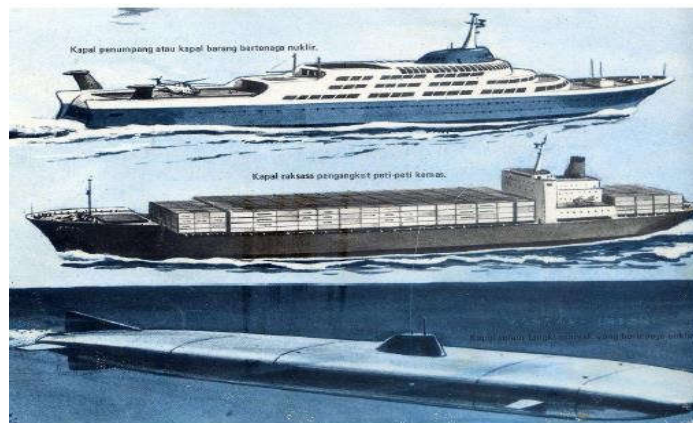
Mengapa suatu benda ditimbang di dalam air memiliki berat atau massa yang lebih ringan dibandingkan dengan ditimbangnya di udara ? Pernahkah kamu melihat pompa hidrolik yang mengangkat sebuah mobil di bengkel pencucian mobil ? Pompa hidrolik tersebut menggunakan prinsip kerja bahwa air dapat menekan ke segala arah. Adanya gaya tekan ke atas pada air menyebabkan kita mudah berenang di air kolam, air laut, air danau, maupun air sungai. Gaya tekan ke atas air akan semakin besar bila kandungan garamnya semakin tinggi. Selain itu, gaya tekan ke atas air dipengaruhi oleh konsentrasinya. Contohnya: air Laut Mati di negara Arab Saudi memiliki kadar garam tinggi, sehingga dapat mengapungkan manusia yang terjun ke dalamnya. Coba perhatikan gambar dan percobaan di bawah ini.



Gambar 1.4 Telur mentah dicelupkan ke dalam air di gelas, telur ternyata tenggelam (A). Setelah air digelas ditambahi garam secukupnya, ternyata dapat mengapungkan telur tadi (B). Coba bandingkan dengan gambar di bawah ini, mengapa orang itu tak tenggelam berada di permukaan air laut tersebut?



Gambar 1.5 Air di Laut Mati dapat mengapungkan manusia yang masuk kedalamnya.



Gambar 1.6 Kapal air dan kapal selam dari besi dapat mengapung di air. Pernahkah kalian bermain-main di air kolam dengan menggunakan ban mobil yang terisi udara ? Ban mobil ("Ban dalam mobil") yang terisi udara dapat mengapung di air kolam itu, bahkan kamu pun dapat menumpanginya, bukan ? Tetapi jika ban mobil itu bocor, maka ban mobil akan tenggelam. Kejadian ini dapat menjelaskan bahwa sesuatu benda yang memiliki massa jenis lebih besar daripada massa jenis air dapat terapung, jika benda itu mengandung rongga udara yang memadai dengan massanya. Itulah sebabnya, bagaimana caranya kapal selam dapat menyelam ke dasar laut dan mengapung ke atas permukaan laut ? Hal tersebut, karena kapal selam memiliki ruangan udara yang dapat

diatur ke luar masuknya air ke dalamnya. Jika ruangan udara kapal selam itu diisi air, maka kapal selam bertujuan menyelam. Tetapi jika ruangan udara kapal selam itu dikeluarkan airnya, maka kapal selam bertujuan untuk muncul ke permukaan air laut.

3. Air dapat melarutkan zat tertentu

Apabila kita perhatikan keadaan air di sekitar kita, maka akan ditemukan ada air yang bening dan ada air yang keruh. Air yang keruh menunjukkan bahwa air memiliki sifat dapat melarutkan zat tertentu. Adanya sifat air dapat melarutkan zat-zat, manusia dapat memanfaatkannya air sebagai media untuk bahan pembersih dan bahan minuman. Berbagai aneka minuman menggunakan bahan dasarnya air, seperti: air teh, air kopi, dan air sirup. Pernahkah kamu membuat jenis-jenis minuman tersebut ? Kemampuan melarutnya zat-zat dipengaruhi oleh suhu. Bahan minuman seperti teh, kopi, coklat akan mudah melarut pada air panas; demikian pula gula untuk melarutkannya perlu air panas. Itulah sebabnya minuman teh, air kopi dan coklat tergolong jenis minuman penghangat tubuh, karena enaknyanya minuman ini diminum dalam keadaan hangat. Berbagai jenis minuman sirup menggunakan bahan dasarnya adalah air dengan gula. Untuk membuat aneka minuman perlu menambah bahan-bahan lainnya yang tidak berbahaya bagi kesehatan, tetapi bersifat menambah kesegaran atau aneka rasa. Selanjutnya air sebagai bahan pembersih, manusia dapat menggunakannya untuk berbagai keperluan, seperti: membersihkan badan (mandi), untuk mencuci pakaian atau barang dapur atau kendaraan, dan mengencerkan larutan zat tertentu, bahkan untuk membuat bangunan atau jembatan beton pun menggunakan air. Misalnya cat tembok yang sudah kental dapat diencerkan dengan menambah air ke dalamnya. Air banyak digunakan sebagai bahan pelarut untuk berbagai keperluan manusia. Tetapi ingat, air pun dapat menyebabkan mala petaka atau bencana, jika tidak terkendali. Coba kamu sebutkan berbagai kemasan bahan pembersih menggunakan media air, seperti sampo, sabun cair, dan sebagainya. Air adalah ciptaan Tuhan, disediakan untuk berbagai keperluan hidup manusia.

4. Air di alam mengandung mineral

Di alam sangat sulit mendapatkan air murni, karena berhubungan dengan tanah atau udara yang mengandung debu dan zat-zat terlarut lainnya. Itulah sebabnya air di alam memiliki rasa yang berbeda-beda, ada yang tawar dan ada yang asin. Air minum yang mengandung mineral lengkap dan seimbang dengan

kebutuhan tubuh sangat baik untuk minuman sehat. Ada pula tumbuhan yang hidupnya di air, seperti kangkung, ganggang, kayambang (*Salvinia*), tanaman *Hydrilla* dan *Ranunculus*. Hal ini berarti di dalam air pun terlarut zat-zat yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman. Itulah sebabnya, jika kamu memiliki sebuah akuarium dapat dilengkapi dengan tanaman air seperti *Hydrilla* dan *Ranunculus*. Tumbuhan air seperti itu merupakan sumber penghasil oksigen di lingkungan air yang penting bagi pernapasan binatang-binatang air seperti ikan, udang, kerang-kerangan, dan lainnya. Air tanah yang baru ke luar dari permukaan tanah berbatuan adalah masih sehat. Hal ini, karena air tersebut mengalami penjernihan secara alami oleh lapisan batuan itu. Itulah sebabnya pengelola air mineral (aqua) dalam kemasan botol mencari sumber airnya di daerah pegunungan. Berdasarkan kandungan garamnya, air di alam dapat dikelompokkan menjadi dua golongan, yaitu: (1) Air tawar; dan (2) Air asin. Pada air tawar, kandungan mineral kebanyakan garam karbonat. Tetapi pada air asin, kandungan mineralnya kebanyakan garam sodium (Garam Natrium/ NaCl). Air yang bersumber dari pegunungan bersifat tawar, karena mengandung banyak garam karbonat. Garam karbonat bersumber dari batuan-batuan yang dilewati oleh air, seperti mineral kalsium (Ca) dan fosfor (P). Bukti-bukti bahwa air yang melewati batuan dapat membawa unsur kalsium adalah perhatikan air yang menetes di dalam gua batu. Pada gua batu tersebut, kamu akan menemukan dimana ada air menetes dari langit-langit gua akan terbentuk stalagtit dan stalagmit. Stalagtit adalah tonjolan batuan yang terbentuk akibat air yang menetes di langit-langit gua batu secara perlahan-lahan mengendapkan mineral kapur di atas langit-langit gua batu itu. Stalagmit adalah gundukan batuan yang terbentuk di dasar gua batu, persis terletak di bawah stalagtit. Bila stalagtit memanjang dan stalagmit meninggi, pada akhirnya tonjolan ke dua batuan endapan tersebut membentuk tiang kapur di dalam gua batu.

5. Air dapat berubah fase (benda cair, benda gas, dan benda padat)

Wujud air dapat dipengaruhi oleh faktor suhu lingkungannya. Air di daerah kutub dapat menjadi lapisan es (salju) akibat suhunya dingin, karena daerah itu sedikit mendapat penyinaran matahari. Daerah gurun banyak mendapat penyinaran matahari sehingga suhunya tinggi, banyak terjadi penguapan menyebabkan daerah ini kering. Penyinaran matahari yang tinggi dapat menyebabkan penguapan air laut untuk membentuk awan atau mendung.

Berbagai mendung dari arah berbeda tertahan dan terkumpul pada puncak gunung semakin tebal, dan akhirnya menurunkan hujan. Air hujan meresap ke dalam tanah dibantu oleh tumbuhan menjadi air tanah. Air tanah muncul ke permukaan pegunungan sebagai mata air. Air dari mata air mengalir ke lembah dan daerah yang lebih rendah membentuk sungai-sungai. Air sungai bermuara ke laut, dan seterusnya. Hal inilah yang menyebabkan air mengalami daur ulang di alam, dan menjamin air tidak akan habis. Daur ulang air mengalami beberapa mata rantai, dan apabila salah satu mata rantainya rusak akan mengalami gangguan dalam peredaran air di alam, seperti air sungai yang kering di musim kemarau dan menjadi bencana banjir di kala musim hujan tiba. Salah satu upaya untuk memperbaiki sistem aliran sungai tersebut adalah perlu dilakukan penghijauan sepanjang DAS (Daerah Aliran Sungai) dan pegunungan yang gundul. Penghijauan penting untuk penyerapan air hujan ke dalam tanah menjadi air tanah.

C. Macam-Macam Air dan Kegunaannya

Pada uraian di atas sudah dijelaskan bahwa air memiliki banyak kegunaan bagi kehidupan. Air di alam bukan air murni, tetapi mengandung mineral. Air dari gunung mengandung banyak mineral karbonat, karena bercampur dengan pengikisan batuan kapur sehingga bersifat tawar. Air laut memiliki rasa asin, karena mengandung banyak garam-garaman, seperti garam dapur (NaCl). Air sungai berasal dari mata air di gunung. Air sumur berasal dari air tanah. Air tanah berasal dari air yang meresap ke dalam tanah; apakah berasal dari air hujan, air sungai, air laut, dan lainnya. Air murni adalah air yang terbentuk dari 2 atom H dan 1 atom O, yang rumusnya H_2O . Air murni dapat diperoleh dengan menyuling air alam melalui proses penyulingan (destilasi).

Air yang ke luar dari mata air tanah adalah bersih. Air ini mengalami penyaringan oleh batuan sehingga bersifat jernih dan bersih. Itulah sebabnya untuk membersihkan dan menjernihkan air perlu menggunakan batu-batuan dan pasir. Air bersih dapat digunakan untuk air minum. Air minum dapat diproses dan dikemas dalam botol, seperti botol aqua dalam berbagai merk (label pabrik). Air kotor pun dapat dibuat air bersih melalui proses penjernihan air. Bagaimanakah caranya? Air hujan pun dapat digunakan sebagai air bersih, jika terbebas dari bahan pencemar. Air hujan dapat berasa asam disebut hujan asam. Bagaimanakah terjadinya hujan asam? Air hujan yang bercampur dengan gas-gas pencemar seperti gas NO_2 dan SO_2 dapat terbentuk hujan asam. Hujan asam sangat berbahaya bagi

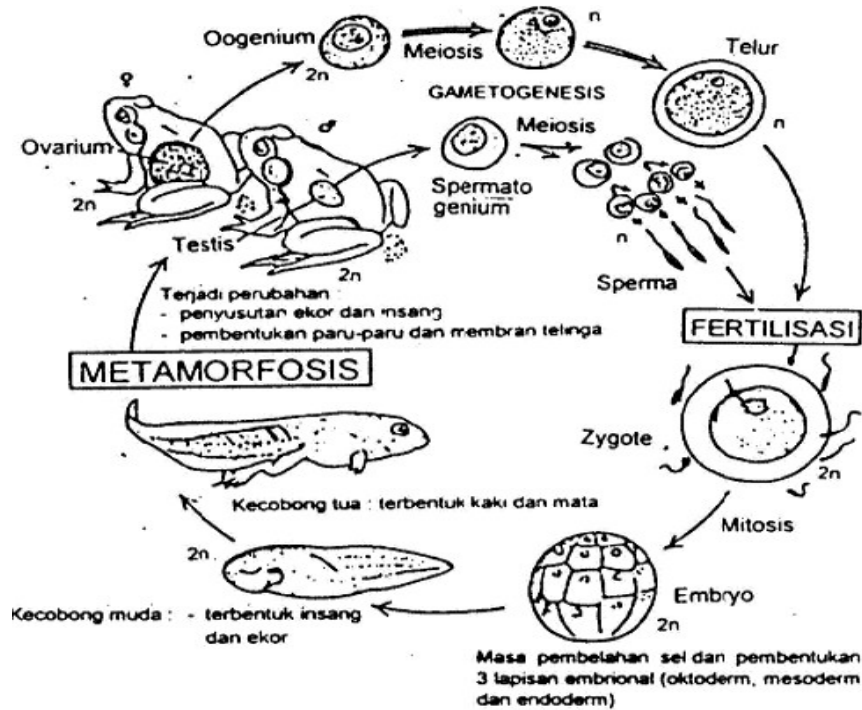
kehidupan, karena dapat menyebabkan hal-hal seperti: rasa pedih pada mata, gatal pada kulit, korosi pada barang-barang terbuat dari besi (tiang listrik, kendaraan bermotor, dan kendaraan lainnya). Hujan asam menimbulkan banyak kerugian bagi kehidupan manusia. Hujan asam dapat mengganggu kehidupan ikan-ikan dan binatang air lainnya. Inilah pentingnya pencegahan terjadinya pencemaran udara oleh limbah gas-gas tersebut. Gas-gas beracun dapat dikurangi dengan menanam tumbuhan penghisap racun. Tumbuhan jenis ini sangat baik ditanam di sekitar pabrik, di pinggir jalan raya, di taman rumah, taman sekolah, dan taman kota. Ciri umum tumbuhan penghisap racun adalah bergetah putih; contohnya: balancing, rumput paris, rumput kriminil, puring, tumbuhan kuping gajah, dan lain-lain.

Air memiliki banyak kegunaan bagi kehidupan. Di bidang kesehatan, air dapat diigunakan sebagai bahan pembersih, bahan pelarut zat, alat pengangkut zat, dan media kerja enzim. Di bidang teknik, aliran air digunakan sebagai tenaga pembangkit listrik. Di bidang pariwisata, air digunakan sebagai sarana rekreasi dan hiburan. Dalam bidang pertanian, air berguna untuk irigasi (pengairan) sawah, ladang, dan perkebunan. Untuk tumbuhan, air diperlukan untuk bahan fotosintesis dan alat pengangkutan zat hara yang diserap dari tanah lewat akar-akarnya. Tumbuhan mengeluarkan air lewat peristiwa pernapasan dan transpirasi. Kekurangan air pada tumbuhan ditandai gejala layu pada daun-daunnya. Kekurangan air pada tubuh manusia ditandai gejala keriput pada kulit, dan kelebihan air pada tubuhnya ditandai oleh gejala penyakit beri-beri. Penderita penyakit beri-beri ditandai oleh bagian-bagian membengkak oleh air.

1. Air sebagai Lingkungan Hidup

Air sebagai lingkungan hidup, merupakan tempat hidup bagi makhluk hidup. Golongan makhluk hidupnya harus beradaptasi dengannya, baik pada hewan maupun tumbuhan. Bentuk-bentuk adaptasi makhluk hidup pada lingkungan air sangat jelas untuk diamati; bagaimana Tuhan menciptakan makhluk hidup yang sesuai dengan lingkungan air. Adaptasi makhluk hidup terhadap lingkungan air dapat dikenal ada 3 macam, yaitu: (1) **Adaptasi morfologis**, yaitu adanya penyesuaian bentuk-bentuk tubuhan dan bagian-bagian tubuhnya; (2) **Adaptasi fisiologis**, yaitu adanya penyesuaian proses untuk mendapatkan hidup pada makhluk hidup itu; (3) **Adapatsi tingkah laku**, yaitu adanya penyesuaian perilaku hewan-hewan yang hidup di air. Untuk mempelajari berbagai macam adaptasi makhluk hidup ini dapat diambil contoh kehidupan katak, karena hewan ini mengalami hidup di dua alam, yaitu diawali pada kehidupan di air

pada masa kecilnya, dan dewasanya hidup di darat. Untuk jelasnya perhatikan dahulu gambar di bawah ini, bagaimana perubahan-perubahan yang terjadi pada tubuh katak dari masa kecilnya hingga menjadi dewasa !

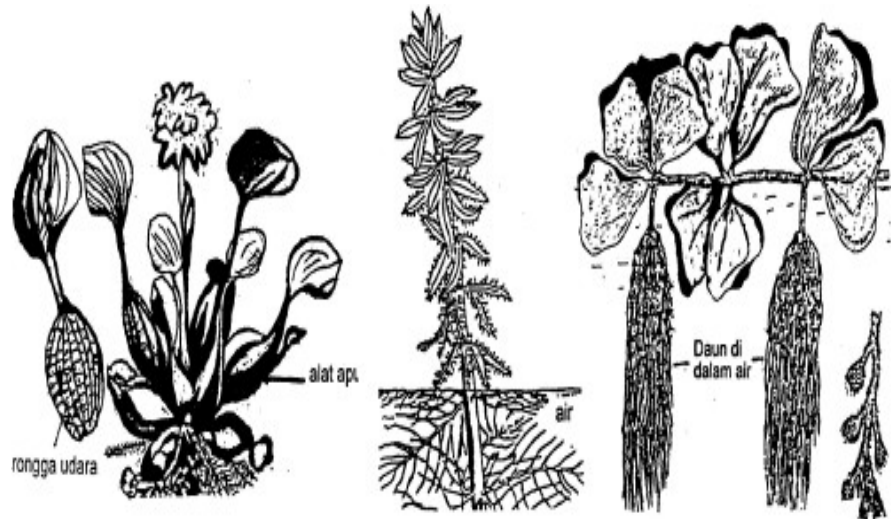


Gambar 1.7 Daur hidup katak menunjukkan perubahan bentuk-bentuk semasa hidupnya di lingkungan air, dan menjadi bentuk tubuh yang cocok untuk hidup di darat semasa dewasanya (Metamorfosis pada katak).

Di bawah ini ditunjukkan berbagai macam adaptasi pada makhluk hidup atau organisme di lingkungan air.

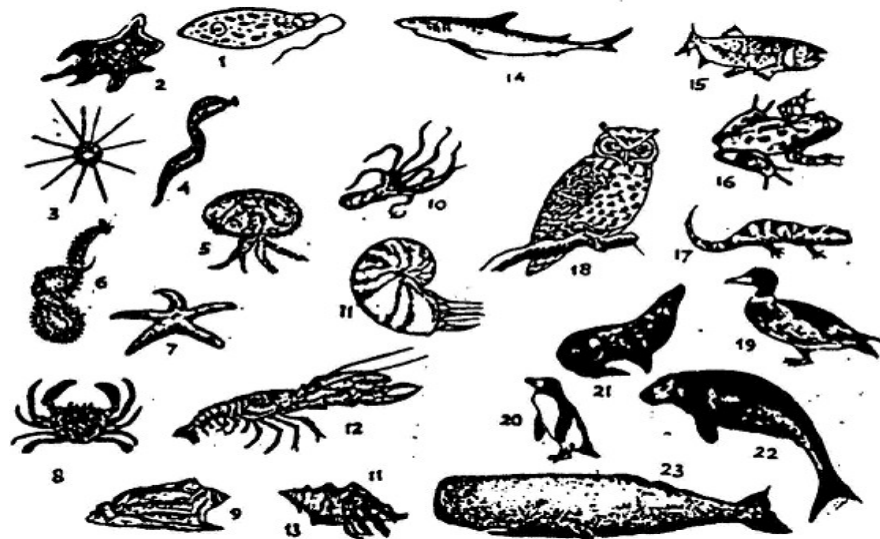
a) Adaptasi morfologi pada organisme air

Bagaimanakah bentuk adaptasi tubuh atau bagian tubuh makhluk hidup yang hidupnya di lingkungan air ? Misalnya, eceng gondok hidupnya mengapung di atas permukaan air, karena memiliki alat apung pada bagian tangkai daunnya yang menggembung berisi udara. Tumbuhan kayambang memiliki dua macam daun, yaitu daun-daunan yang berada di dalam air bentuknya seperti akar-akarnya. Adapun daun daunan yang berada di atas air memiliki bentuk yang lebih lebar.

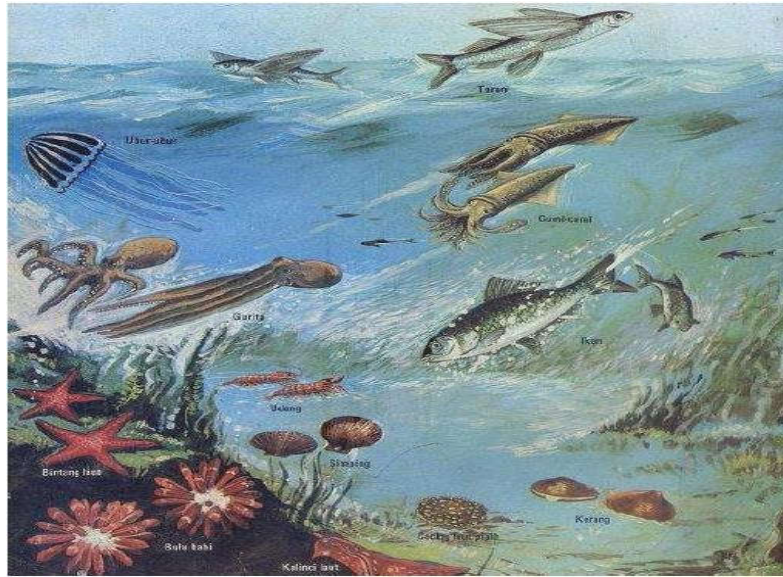


Gambar 1.8 Bentuk-bentuk adaptasi tumbuhan terhadap lingkungan air.

Untuk bentuk adaptasi binatang air ditunjukkan alat-alat geraknya serupa dayung, seperti ikan bergerak dengan siripnya serupa dayung, kepiting memiliki alat gerak (kaki) yang bentuknya memipih untuk mendayung, katak memiliki selaput renang di antara jari-jarinya. Untuk lebih jelasnya, coba kamu perhatikan gambar-gambar berikut



Gambar 1.9 Anekaragam binatang yang hidup dan mencari makan di air.



Gambar 1.10 Binatang-binatang yang hidupnya dan mencari makanannya di air.

Dalam kehidupan lingkungan air yang lebih luas, seperti kolam, sungai, danau, dan laut akan ditemukan berbagai jenis makhluk hidup yang mengagumkan. Coba kamu sebutkan jenis-jenis binatang yang tergolong ikan, binatang melata, kerang-kerangan, dan binatang mamalia. Jika kamu memiliki akuarium, coba kamu dapat memelihara berbagai jenis ikan hias di bawah ini:



Ikan mas koki chakin Cina.



Ikan mas koki Cina berwarna perak yang tidak memiliki sirip punggung.



Ikan hanabusa Jepang yang berjam-but gemuk pada lubang hidungnya.



Ikan mas koki seibungyo Cina berwarna kebiru-biruan indah.

Gambar 1.11 Anekaragaman ikan hias koki memiliki bagian-bagian tubuh yang indah

b) Adaptasi fisiologi makhluk hidup pada lingkungan air

Pada daur hidup katak sudah ditunjukkan bahwa alat pernapasannya sewaktu kecebong menggunakan insang, tetapi setelah dewasa hidup di darat menggunakan paru-paru. Semua binatang yang hidup di air adalah bernapas dengan insang, kecuali hewan mamalia (Hewan Menyusui) bernapas dengan paru-paru. Insang adalah alat pernapasan yang sesuai untuk kehidupan di lingkungan air. Hewan mamalia seperti paus dan lumba-lumba adalah bernapas dengan paru-paru, walaupun hidupnya di air. Itulah sebabnya, paus dan lumba-lumba memiliki tingkah laku sering muncul di atas permukaan laut untuk menghirup udara (oksigen). Hewan-hewan yang hidupnya di daerah kutub, permukaan tanah maupun air tertutup oleh es (salju). Hewan-hewan yang hidupnya di air, suhu tubuhnya selalu mengikuti suhu lingkungannya; disebut hewan berdarah dingin (**Poikilotherm**) seperti golongan ikan, katak, dan reptil. Itulah sebabnya hewan mamalia yang berdarah panas (**Homoiotherm**), maka untuk melindungi tubuhnya dari suhu dingin, ada jenis hewan yang memiliki bulu yang tebal untuk menghangatkan tubuhnya seperti beruang kutub memiliki bulu tebal berwarna putih seperti warna es. Adapun hewan yang tidak memiliki bulu yang tebal, mereka memiliki jaringan kulit yang banyak mengandung lemak, seperti anjing laut dan singa laut. Selain itu, setiap hewan yang hidup di air, tubuhnya diliputi oleh lender agar membantu dalam pergerakannya.

c) Adaptasi tingkah laku hewan pada lingkungan air

Untuk mempelajari adaptasi tingkah laku hewan-hewan yang hidupnya di lingkungan air, coba kamu perhatikan kehidupan hewan seperti lumba-lumba, paus, dan anjing laut. Binatang seperti lumba-lumba memiliki perilaku suka meloncat-loncat di atas permukaan laut, dan paus suka menyemburkan air ke atas, kesemua perilaku tersebut dimaksudkan untuk mendapatkan udara atau oksigen. Selain itu, semua hewan yang hidup di air memiliki alat gerak serupa sirip atau kakinya memiliki selaput renang. Itulah sebabnya katak semasa kecebong berekor sebagai alat geraknya, dan setelah dewasa hidupnya di darat memiliki kaki berselaput renang agar mudah berenang. Dengan demikian, di darat katak dapat melompat-lompat,

dan di air dapat berenang-renang. Belajar dari kehidupan hewan-hewan air, manusia pun dapat menyesuaikan diri agar mudah berenang di air dengan membuat kaki katak yang dipasang pada kakinya. Itulah manusia katak, yaitu manusia berpakaian seperti katak, dan gaya renang pun ada yang disebut gaya katak.

2. Air untuk kebutuhan hidup

Air berguna sebagai bahan pembersih, karena memiliki sifat sebagai pelarut zat lain. Air yang kita minum ke dalam tubuh banyak memiliki kegunaan, seperti: (1) melarutkan zat-zat makanan (nutrisi) agar mudah dicernakan oleh enzim-enzim sehingga mudah diserap oleh dinding ususnya; (2) mempertahankan suhu tubuh agar relatif tetap; (3) air sebagai pengisi cairan sel-sel tubuh agar relatif tetap. Kekurangan air dalam tubuh akan menyebabkan dehidrasi tubuh, dan kelebihan air dalam sel-sel tubuh akan menyebabkan penyakit beri-beri. Jelas disini bahwa air adalah penting untuk kesehatan tubuh. Selain itu, untuk kesehatan tubuh diperlukan kebersihan tubuh, dan kebersihan apa-apa yang melekat maupun yang masuk ke dalam tubuh. Kebersihan pangkal kesehatan merupakan slogan penting dalam kehidupan. Setiap orang membutuhkan kesehatan. Untuk dapat hidup sehat, kita harus dapat memelihara kesehatan tubuh. Tubuh kita perlu mandi dengan air bersih. Tubuh memerlukan makanan yang sehat dan minum air bersih. Rasa haus akan muncul apabila tubuh kehilangan atau kekurangan air. Tubuh yang sering mengeluarkan keringat dan air seni akan kekurangan air. Air diperlukan oleh tubuh untuk mengisi sel-sel tubuh sekitar 60 % dan menjaga suhu tubuh agar relatif tetap. Kadar air dalam sel-sel tubuh harus relatif tetap. Kekurangan air tubuh akan mengalami dehidrasi (kekurangan air), ditandai adanya kulit yang keriput. Kelebihan air dalam tubuh pun menyebabkan gangguan kesehatannya, seperti terjadi pada penyakit beri-beri tersebut. Penderita penyakit beri-beri terjadi akibat terganggunya penyerapan kelebihan air tubuh oleh darah. Pengeluaran air dari dalam tubuh lewat alat-alat ekskresi, seperti ginjal, kulit, dan paru-paru. Tubuh mengeluarkan air melalui keringat lewat kulit, air seni lewat ginjal, dan juga lewat alat pernapasan berupa uap air.

Selain itu, kebutuhan air di dalam tubuh untuk kelancaran kerja enzim. Air diperlukan untuk media kerja enzim. Adanya air, zat-zat dapat melarut sehingga akan memudahkan kerja enzim. Selain itu, air yang terserap oleh tubuh akan menjaga suhu tubuh agar relatif tetap mencapai 36-37 derajat Celcius. Untuk

itu, tubuh memerlukan air minum yang ditandai oleh timbulnya rasa haus. Itulah sebabnya, tubuh yang banyak meminum air, maka harus banyak mengeluarkan air dari dalam tubuh melalui alat-alat ekskresi, seperti kulit dan ginjal. Orang yang minum pasti banyak mengeluarkan air seni sebagai hasil ekskresi ginjalnya, dan atau mengeluarkan keringat dari kulit tubuhnya. Hal ini penting untuk mempertahankan kadar air di dalam tubuh.. Kelebihan air dalam tubuh menyebabkan penyakit beri-beri, dan kekurangan air tubuh menyebabkan dehidrasi tubuh yang ditandai oleh keriputnya kulit. Maukah kamu sekalian menderita penyakit beri-beri atau dehidrasi tubuh ? Itulah sebabnya, kebutuhan gizi lengkap dan seimbang merupakan tuntutan bagi kesehatan tubuh

Manfaat lain dari Air dalam berbagai keperluan hidup adalah:

- 1) Untuk kebutuhan rumah tangga I (cuci pakaian, cuci alat dapur, dan lain-lain).
- 2) Untuk kebutuhan rumah tangga II (gelontor, siram-siram halaman)
- 3) Untuk konservasi sumber baku PAM.
- 4) Taman rekreasi (tempat-tempat pemandian, tempat cuci tangan).
- 5) Pusat perbelanjaan (khususnya untuk kebutuhan yang dikaitkan dengan proses kegiatan bahan-bahan/ minuman, WC dan lain-lain).
- 6) Perindustrian I (untuk bahan baku yang langsung dikaitkan dalam proses membuat makanan, minuman seperti the botol, coca cola, perusahaan roti dan lain-lain).
- 7) Pertanian/ irigasi
- 8) Perikanan.
- 9) Lain-lain.

Menurut Alamsyah (2007), manfaat air bagi tubuh manusia adalah:

1. Membantu proses pencernaan
2. Mengatur proses metabolisme
3. Mengangkut zat-zat makanan
4. Menjaga keseimbangan suhu tubuh

Contoh Soal 1.1: Jelaskan apa yang kamu ketahui tentang Air!

Jawab : Air merupakan substansi kimia dengan rumus kimia H_2O . Air pada kondisi standar atau yang dapat digunakan bersifat tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau. Air merupakan sumber daya alam yang tidak terbatas, akan tetapi air memiliki sifat alami sebagai pelarut, oleh karena itu air sangat mudah terkontaminasi oleh bahan-bahan atau zat kimia yang dapat mencemari keadaan air tersebut. Air merupakan salah satu sumber daya alam yang memiliki fungsi sangat penting bagi kehidupan dan peri kehidupan manusia, serta untuk memajukan kesejahteraan umum, sehingga merupakan modal dasar dan faktor utama pembangunan.

Contoh Soal 1.2: Apa yang dimaksud dengan Air Atmosfir dan bagaimana sifatnya?

Jawab : Dalam kehidupan sehari-hari air ini dikenal sebagai air hujan. Dapat terjadi pengotoran dengan adanya pengotoran udara yang disebabkan oleh kotoran – kotoran industri/debu dan lain sebagainya tetapi dalam keadaan murni sangat bersih. Selain itu air hujan memiliki sifat agresif terutama terhadap pipa-pipa penyalur maupun bak-bak reservoir, sehingga hal ini akan mempercepat terjadinya korosi (karatan). Disamping itu air hujan ini mempunyai sifat lunak sehingga akan boros terhadap pemakaian sabun.

PENUGASAN KELAS

1. Bentuklah kelompok kecil dan diskusikanlah tentang Air dan jenis-jenis air apa saja yang kamu ketahui
2. Diskusikanlah dalam kelompok kecil apa saja manfaat dan fungsi Air dalam kehidupan sehari-hari

RANGKUMAN

1. Air merupakan substansi kimia dengan rumus kimia H_2O . Air pada kondisi standar atau yang dapat digunakan bersifat tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau.
2. Sumber air di alam terdiri atas air laut, air atmosfer (air meteorologik), air permukaan, dan air tanah
 - Laut merupakan suatu kumpulan air asin dalam jumlah yang banyak dan luas yang menggenangi dan membagi daratan atas benua atau pulau.
 - Air Atmosfer dalam kehidupan sehari-hari air ini dikenal sebagai air hujan
 - Air permukaan adalah air hujan yang mengalir di permukaan bumi.
 - Air tanah merupakan sebagian air hujan yang mencapai permukaan bumi dan menyerap ke dalam lapisan tanah dan menjadi air tanah.
3. Air Permukaan meliputi:
 - Air Sungai
 - Air rawa dan lain-lain
4. Air Tanah meliputi:
 - Air Tanah Dangkal
 - Air Tanah Dalam
 - Mata Air
5. Secara umum air memiliki sifat-sifat sebagai berikut:
 - (1) Air yang tenang selalu datar permukaannya;
 - (2) Air memiliki gaya tekan ke segala arah;
 - (3) Air dapat melarutkan zat tertentu;
 - (4) Air memiliki massa jenis satu, karena setiap satuan sentimeter kubiknya menghasilkan satu gram, atau setiap satuan desimeter kubiknya menghasilkan massa sebesar satu kilogram;
 - (5) Air dapat berubah wujud akibat pengaruh suhu lingkungannya.
6. Macam-Macam Air dan Kegunaannya:
 - Air sebagai Lingkungan Hidup

Adaptasi makhluk hidup terhadap lingkungan air dapat dikenal ada 3 macam, yaitu:

 - (1) **Adaptasi morfologis**, yaitu adanya penyesuaian bentuk-bentuk tubuhn dan bagian-bagian tubuhnya;
 - (2) **Adaptasi fisiologis**, yaitu adanya penyesuaian proses untuk mendapatkan hidup pada makhluk hidup itu;
 - (3) **Adaptasi tingkah laku**, yaitu adanya penyesuaian perilaku hewan-hewan yang hidup di air.

7. Manfaat lain dari Air dalam berbagai keperluan hidup adalah:
- 1) Untuk kebutuhan rumah tangga I (cuci pakaian, cuci alat dapur, dan lain-lain).
 - 2) Untuk kebutuhan rumah tangga II (gelontor, siram-siram halaman)
 - 3) Untuk konservasi sumber baku PAM.
 - 4) Taman rekreasi (tempat-tempat pemandian, tempat cuci tangan).
 - 5) Pusat perbelanjaan (khususnya untuk kebutuhan yang dikaitkan dengan proses kegiatan bahan-bahan/ minuman, WC dan lain-lain).
 - 6) Perindustrian I (untuk bahan baku yang langsung dikaitkan dalam proses membuat makanan, minuman seperti the botol, coca cola, perusahaan roti dan lain-lain).
 - 7) Pertanian/ irigasi
 - 8) Perikanan.
 - 9) Lain-lain.

EVALUASI FORMATIF 1

1. Sebutkan dan jelaskan sumber Air yang ada di alam!
2. Apa yang dimaksud dengan Air tanah dalam?
3. Sebutkan minimal 3 jenis sifat Air dalam kehidupan sehari-hari!
4. Apa yang dimaksud dengan Air sebagai Lingkungan Hidup?
5. Sebutkan minimal 5 manfaat air secara umum bagi keperluan hidup!

KUNCI JAWABAN

1. Sumber air di alam yaitu:
 - Laut merupakan suatu kumpulan air asin dalam jumlah yang banyak dan luas yang menggenangi dan membagi daratan atas benua atau pulau. Jadi laut merupakan air yang menutupi permukaan tanah yang sangat luas dan umumnya mengandung garam dan berasa asin. Biasanya air mengalir yang ada di darat akan bermuara ke laut
 - Air Atmosfer dalam kehidupan sehari-hari air ini dikenal sebagai air hujan. Dapat terjadi pengotoran dengan adanya pengotoran udara yang disebabkan oleh kotoran – kotoran industri/debu dan lain sebagainya tetapi dalam keadaan murni sangat bersih.
 - Air permukaan merupakan salah satu sumber penting bahan baku air bersih.
 - Air tanah merupakan sebagian air hujan yang mencapai permukaan bumi dan menyerap ke dalam lapisan tanah dan menjadi air tanah. Sebelum mencapai

lapisan tempat air tanah, air hujan akan menembus beberapa lapisan tanah dan menyebabkan terjadinya kesadahan pada air.

2. Air tanah dalam dikenal juga dengan air artesis. Air ini terdapat diantara dua lapisan kedap air. Lapisan diantara dua lapisan kedap air tersebut disebut lapisan akuifer. Lapisan tersebut banyak menampung air. Jika lapisan kedap air retak, secara alami air akan keluar ke permukaan. Air yang memancar ke permukaan disebut mata air artesis. Pengambilan air tanah dalam, tak semudah pada air tanah dangkal.
3. Berikut 3 Jenis Sifat Air dalam kehidupan sehari-hari:
 - (1) Air yang tenang selalu datar permukaannya;
 - (2) Air memiliki gaya tekan ke segala arah;
 - (3) Air dapat melarutkan zat tertentu;
4. Air sebagai lingkungan hidup, merupakan tempat hidup bagi makhluk hidup. Golongan makhluk hidupnya harus beradaptasi denganya, baik pada hewan maupun tumbuhan. Bentuk-bentuk adaptasi makhluk hidup pada lingkungan air sangat jelas untuk diamati; bagaimana Tuhan menciptakan makhluk hidup yang sesuai dengan lingkungan air.
5. Berikut 5 manfaat air untuk keperluan hidup:
 - Untuk kebutuhan rumah tangga I (cuci pakaian, cuci alat dapur, dan lain-lain).
 - Untuk kebutuhan rumah tangga II (gelontor, siram-siram halaman)
 - Untuk konservasi sumber baku PAM.
 - Taman rekreasi (tempat-tempat pemandian, tempat cuci tangan).
 - Pusat perbelanjaan (khususnya untuk kebutuhan yang dikaitkan dengan proses kegiatan bahan-bahan/ minuman, WC dan lain-lain).

Lembar Kerja Praktek 1

Kegiatan Pembelajaran 2: Pencemaran Air

KEMAMPUAN AKHIR YANG DIHARAPKAN

1. Mahasiswa memiliki pengertian dan pemahaman tentang pencemaran air
2. Mahasiswa mengetahui jenis-jenis pencemaran air dalam kehidupan sehari-hari

URAIAN MATERI

A. Definisi Pencemaran Air

Pencemaran merupakan penyimpangan dari keadaan normalnya. Pencemaran adalah suatu keadaan, dalam mana suatu zat dan atau energi diintroduksi ke dalam suatu lingkungan oleh kegiatan manusia atau oleh proses alam sendiri dalam konsentrasi sedemikian rupa, hingga menyebabkan terjadinya perubahan dalam keadaan termaksud yang mengakibatkan lingkungan itu tidak berfungsi seperti semula dalam arti kesehatan, kesejahteraan dan keselamatan hayati. Pencemaran atau polusi adalah penambahan segala substansi ke lingkungan akibat aktivitas manusia. Sedangkan, polutan adalah segala sesuatu yang menyebabkan polusi. Semua zat dikategorikan sebagai polutan bila kadarnya melebihi batas normal, berada di tempat yang tidak semestinya, dan berada pada waktu yang tidak tepat. Pencemaran atau polusi tidak dapat dihindari, yang dapat dilakukan adalah mengurangi, mengendalikan pencemaran, dan meningkatkan kesadaran serta kepedulian masyarakat kepada lingkungannya.

Pencemaran air berarti terdapat kerusakan air dari batas normal. Air yang terpolusi disebabkan oleh adanya racun atau polutan yang masuk ke lingkungan air. Polutan air di antaranya minyak, limbah industri, limbah rumah tangga. Limbah industri yang mengandung logam berat seperti raksa, timbal dan kadmium biasanya dialirkan ke sungai. Logam tersebut berbahaya bila masuk ke dalam tubuh manusia karena dapat menimbulkan penyakit kanker. Berbagai limbah rumah tangga, seperti detergen dan sampah dapat menyebabkan penurunan kandungan oksigen di perairan. Limbah pertanian seperti pupuk, insektisida (DDT) dan herbisida berbahaya bagi kesehatan manusia juga organisme lainnya, dan dapat mengganggu keseimbangan

ekosistem. Semua jenis limbah tersebut dapat menyebabkan kematian bagi organisme air, terutama ikan.

Dalam PP No 20/1990 tentang Pengendalian Pencemaran Air, pencemaran air di definisikan sebagai: *“Pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia sehingga kualitas dari air tersebut turun hingga batas tertentu yang menyebabkan air tidak berguna lagi sesuai dengan peruntukannya.* (Pasal 1, angka 2).

Pencemaran air terjadi pada sumber-sumber air seperti danau, sungai, laut dan air tanah yang disebabkan oleh aktivitas manusia. Air dikatakan tercemar jika tidak dapat digunakan sesuai dengan fungsinya. Walaupun fenomena alam, seperti gunung meletus, pertumbuhan gulma yang sangat cepat, badai dan gempa bumi merupakan penyebab utama perubahan kualitas air, namun fenomena tersebut tidak dapat disalahkan sebagai penyebab pencemaran air. Pencemaran ini dapat disebabkan oleh limbah industri, perumahan, pertanian, rumah tangga, industri, dan penangkapan ikan dengan menggunakan racun. Polutan industri antara lain polutan organik (limbah cair), polutan anorganik (padatan, logam berat), sisa bahan bakar, tumpaham minyak tanah dan oli merupakan sumber utama pencemaran air, terutama air tanah. Disamping itu penggundulan hutan, baik untuk pembukaan lahan pertanian, perumahan dan konstruksi bangunan lainnya mengakibatkan pencemaran air tanah.

B. Penyebab pencemaran Air

Berdasarkan defisini dari pencemaran air, dapat diketahui bahwa penyebab pencemaran air dapat berupa masuknya makhluk hidup, zat, energi ataupun komponen lain sehingga kualitas air menurun dan air pun tercemar. Banyak penyebab pencemaran air, tetapi secara umum dapat dikategorikan menjadi 2 (dua) yaitu sumber kontaminan langsung dan dan tidak langsung. Sumber langsung meliputi efluen yang keluar industri, TPA sampah, rumah tangga dan sebagainya. Sumber tak langsung adalah kontaminan yang memasuki badan air dari tanah, air tanah atau atmosfir berupa hujan. Pada dasarnya sumber pencemaran air berasal dari industri, rumah tangga (pemukiman) dan pertanian. Tanah dan air mengandung sisa dari aktifitas pertanian seperti pupuk dan pestisida. Kontaminan dari atmosfir juga berasal dari aktifitas manusia yaitu pencemaran udara yang menghasilkan hujan asam.

1) Limbah Industri

Limbah industri mengandung logam berat berbahaya, misalnya merkuri, arsenik, dan kadmium. Zat-zat ini dapat merusak organ tubuh manusia. Limbah industri harus diolah dahulu sebelum dibuang ke lingkungan.

2) Limbah Rumah Tangga

Limbah rumah tangga berupa detergen bekas mencuci pakaian, air dari kamar mandi, kakus, dan dapur. Kotoran-kotoran itu merupakan campuran dari zat-zat kimia, bahan mineral, dan bahan organik dalam berbagai bentuk. Banyak rumah tangga yang mengalirkan air limbah dan membuang sampah ke sungai. Tindakan ini mengakibatkan sungai menjadi tercemar.

Perairan yang telah tercemar bahan organik ditandai dengan jumlah bakteri yang tinggi, bau busuk, dan air yang keruh. Selain itu, air yang tercemar nilai BOD-nya tinggi. BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) yaitu banyaknya oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk menguraikan sampah organik. Aktivitas bakteri ini menyebabkan kandungan oksigen terlarut dalam air (DO = Dissolved Oxygen) rendah. Pencemaran limbah rumah tangga dapat dikurangi dengan menggunakan sampo, sabun mandi, atau detergen yang mudah diuraikan (biodegradable). Limbah rumah tangga sebaiknya ditampung dan diolah dalam tangki resapan sebelum dibuang ke sungai atau tanah.



Gambar 1.12 Sampah rumah tangga

3) Limbah Pertanian

Limbah pertanian dapat berasal dari pestisida dan pupuk kimia buatan. Sebagian pestisida dan pupuk hanyut dan terbawa aliran air keperairan. Pupuk kaya unsur hara (nutrien). Penimbunan pupuk di suatu perairan dapat mengakibatkan terjadinya **eutrofikasi**. Eutrofikasi merupakan kondisi suatu perairan yang dipenuhi oleh tumbuhan air atau gulma karena perairan

tersebut kaya unsur hara atau nutrien. Kondisi ini akan mengakibatkan pendangkalan perairan tersebut.



Gambar 1.13 *Blooming algae*¹⁸

Selain itu pencemaran air dapat disebabkan oleh berbagai hal dan memiliki karakteristik yang berbeda-beda, seperti:

1. Meningkatnya kandungan nutrien dapat mengarah pada eutrofikasi.
2. Sampah organik seperti air comberan (*sewage*) menyebabkan peningkatan kebutuhan oksigen pada air yang menerimanya yang mengarah pada berkurangnya oksigen yang dapat berdampak parah terhadap seluruh ekosistem.
3. Industri membuang berbagai macam polutan ke dalam air limbahnya seperti logam berat, toksin organik, minyak, nutrien dan padatan. Air limbah tersebut memiliki efek termal, terutama yang dikeluarkan oleh pembangkit listrik, yang dapat juga mengurangi oksigen dalam air.
4. Seperti limbah pabrik yg mengalir ke sungai seperti di sungai citarum.

C. Komponen Pencemaran Air

Jaman sekarang ini manusia telah mengenal banyak sekali jenis-jenis zat kimia. Sebagian besar sisa zat kimia tersebut dibuang ke badan air atau air tanah. Seperti pestisida yang digunakan di pertanian, industri atau rumah tangga, deterjen yang digunakan di rumah tangga, atau PCBs yang biasa digunakan dalam alat-alat elektronik. Secara umum jenis jenis bahan buangan dapat dikategorikan sebagai berikut:

1. Bahan Buangan Padat

Bahan buangan padat adalah bahan buangan yang berbentuk padat, baik yang kasar maupun yang halus, misalnya sampah. Buangan tersebut bila dibuang ke

air menjadi pencemaran dan akan menimbulkan pelarutan, pengendapan ataupun pembentukan koloidal.

2. Bahan buangan organik dan olahan bahan makanan

Bahan buangan organik umumnya berupa limbah yang dapat membusuk atau terdegradasi oleh mikroorganisme, sehingga bila dibuang ke perairan akan menaikkan populasi mikroorganisme

3. Bahan buangan anorganik

Bahan buangan anorganik sukar didegradasi oleh mikroorganisme, umumnya adalah logam. Apabila masuk ke perairan, maka akan terjadi peningkatan jumlah ion logam dalam air. Bahan buangan anorganik ini biasanya berasal dari limbah industri yang melibatkan unsur-unsur logam seperti timbal (Pb), Arsen (As), Magnesium (Mg), dan lain-lain.

4. Bahan buangan cairan berminyak

Bahan buangan berminyak yang dibuang ke air lingkungan akan mengapung menutupi permukaan air. Jika bahan buangan minyak mengandung senyawa yang volatile, maka akan terjadi penguapan dan luas permukaan minyak yang menutupi permukaan air akan menyusut. Penyusutan minyak ini tergantung jenis minyak dan waktu. Lapisan minyak pada permukaan air dapat terdegradasi oleh mikroorganisme tertentu, tetapi membutuhkan waktu yang lama.

5. Bahan buangan berupa panas

Perubahan kecil pada temperatur air lingkungan bukan saja dapat menghalau ikan atau spesies lainnya, namun juga akan mempercepat proses biologis pada tumbuhan dan hewan bahkan akan menurunkan tingkat oksigen dalam air. Akibatnya akan terjadi kematian pada ikan atau akan terjadi kerusakan ekosistem.

6. Bahan buangan zat kimia

Bahan buangan zat kimia banyak ragamnya, tetapi dalam bahan pencemaran air ini akan dikelompokkan menjadi:

- a. Sabun (deterjen, sampo dan bahan pembersih lainnya),
- b. Bahan pemberantas hama (insektisida).

D. Bahaya dari polusi air

Bibit-bibit penyakit berbagai zat yang bersifat racun dan bahan radioaktif dapat merugikan manusia. Berbagai polutan memerlukan O₂ untuk penguraiannya. Jika O₂ kurang, penguraiannya tidak sempurna dan menyebabkan air berubah warnanya dan Polutan ini dapat merusak kehidupan air sekitar muara sungai dan sebagian kecil laut muara. Bahan-bahan yang berbahaya masuk ke laut atau samudera mempunyai akibat

jangka panjang yang belum diketahui. Banyak jenis kerang-kerangan yang mungkin mengandung zat-zat yang berbahaya untuk dimakan. Laut dapat pula tercemar oleh yang asalnya mungkin dari pemukiman, pabrik, melalui sungai, atau dari kapal tanker yang rusak. Minyak dapat mematikan burung dan hewan laut lainnya, sebagai contoh efek keracunan dapat dilihat di Jepang. Merkuri yang dibuang oleh sebuah industri ke teluk minamata terakumulasi di jaringan tubuh ikan dan masyarakat yang mengkonsumsinya menderita cacat dan meninggal.

Banyak akibat yang ditimbulkan oleh polusi air, diantaranya:

1. Terganggunya kehidupan organisme air karena berkurangnya kandungan oksigen
2. Terjadinya ledakan ganggang dan tumbuhan air
3. Pendangkalan dasar perairan
4. Tersumbatnya penyaring reservoir, dan menyebabkan perubahan ekologi
5. Dalam jangka panjang mengakibatkan kanker dan kelahiran cacat
6. Akibat penggunaan pestisida yang berlebihan selain membunuh hama dan penyakit, juga membunuh serangga dan makhluk yang berguna terutama predator
7. Kematian biota kuno, seperti plankton, ikan bahkan burung
8. Dapat mengakibatkan mutasi sel kanker dan leukemia

Beberapa contoh polutannya adalah sebagai berikut:

1. Fosfat
Fosfat berasal dari penggunaan pupuk buatan yang berlebihan dan deterjen.
2. Nitrat dan Nitrit
Kedua senyawa ini berasal dari penggunaan pupuk buatan yang berlebihan dan proses pembusukan materi organik.
3. Poliklorin Bifenil (PCB)
Senyawa ini berasal dari pemanfaatan bahan-bahan pelumas, plastik dan alat listrik.
4. Residu Pestisida Organiklorin
Residu ini berasal dari penyemprotan pestisida pada tanaman untuk membunuh serangga.
5. Minyak dan Hidrokarbo
Minyak dan hidrokarbon dapat berasal dari kebocoran pada roda dan kapal pengangkut minyak.
6. Radio Nuklida
Radio nuklida atau unsur radioaktif berasal dari kebocoran tangki penyimpanan limbah radioaktif.

7. Logam-logam Berat

Logam berat berasal dari industri bahan kimia, penambangan dan bensin.

8. Limbah Pertanian

Limbah pertanian berasal dari kotoran hewan dan tempat penyimpanan makanan ternak.

9. Kotoran manusia

Kotoran manusia berasal dari saluran pembuangan tinja manusia.

E. Dampak pencemaran air di lingkungan sekitar

Pencemaran air berdampak luas, misalnya dapat meracuni sumber air minum, meracuni makanan hewan, ketidakseimbangan ekosistem sungai dan danau, pengrusakan hutan akibat hujan asam, dan sebagainya. Di badan air, sungai dan danau, nitrogen dan fosfat (dari kegiatan pertanian) telah menyebabkan pertumbuhan tanaman air yang di luar kendali (eutrofikasi berlebihan). Ledakan pertumbuhan ini menyebabkan oksigen, yang seharusnya digunakan bersama oleh seluruh hewan/tumbuhan air, menjadi berkurang. Ketika tanaman air tersebut mati, dekomposisi mereka menyedot lebih banyak oksigen. Sebagai akibatnya, ikan akan mati, dan aktivitas bakteri menurun. Dampak pencemaran air pada umumnya dibagi atas 4 kelompok, yaitu:

1. Dampak terhadap kehidupan biota air

Banyaknya zat pencemaran pada air limbah akan menyebabkan menurunnya kadar oksigen terlarut dalam air tersebut. Sehingga mengakibatkan kehidupan dalam air membutuhkan oksigengangguan serta mengurangi perkembangannya. Akibat matinya bakteri-bakteri, maka proses penjernihan air secara alamiah yang seharusnya terjadi pada air limbah juga terhambat. Panas dari industri juga akan membawa dampak bagi kematian organisme, apabila air limbah tidak didinginkan terlebih dahulu.

2. Dampak terhadap kualitas air tanah

Pencemaran air tanah oleh tinja yang biasa diukur dengan *faecal coliform* telah terjadi dalam skala yang luas, hal ini dibuktikan oleh suatu survey sumur dangkal di Jakarta. Banyak penelitian yang mengindikasikan terjadinya pencemaran tersebut.

3. Dampak terhadap kesehatan

Peran air sebagai pembawa penyakit menular bermacam-macam antara lain:

- a) Air sebagai media untuk hidup mikroba patogen,
- b) Air sebagai sarang insekta penyebar penyakit,

- c) Jumlah air yang tersedia tidak cukup, sehingga manusia bersangkutan tak dapat membersihkan diri,
- d) Air sebagai media untuk hidup vektor penyakit.

4. Dampak terhadap estetika lingkungan

Dengan semakin banyaknya zat organik yang dibuang ke lingkungan perairan, maka perairan tersebut akan semakin tercemar yang biasanya ditandai dengan bau yang menyengat disamping tumpukan yang dapat mengurangi estetika lingkungan. Masalah limbah minyak atau lemak juga dapat mengurangi estetika lingkungan.

Contoh Soal 1.3: Menurut pendapat Anda apa yang akan terjadi jika lingkungan sekitar Anda sering mengalami pencemaran Air?

Jawab : Lingkungan akan menjadi rusak, Kesehatan terganggu, Kurangnya air bersih dan banyak wabah penyakit.

Contoh Soal 1.4: Apa faktor penyebab pencemaran Air yang kamu ketahui!

Jawab : Banyak penyebab pencemaran air, tetapi secara umum dapat dikategorikan menjadi 2 (dua) yaitu sumber kontaminan langsung dan tidak langsung. Sumber langsung meliputi efluen yang keluar industri, TPA sampah, rumah tangga dan sebagainya. Sumber tak langsung adalah kontaminan yang memasuki badan air dari tanah, air tanah atau atmosfer berupa hujan. Pada dasarnya sumber pencemaran air berasal dari industri, rumah tangga (pemukiman) dan pertanian.

Contoh Soal 1.5: Apa yang maksud dengan bahan buangan padat?

Jawab : Bahan buangan padat adalah bahan buangan yang berbentuk padat, baik yang kasar maupun yang halus, misalnya sampah

PENUGASAN KELAS

1. Bentuklah kelompok kecil dan diskusikanlah tentang pencemaran Air yang sering terjadi dilingkungan sekitar Anda
2. Diskusikanlah dalam kelompok kecil faktor penyebab pencemaran air dan dampak pencemaran air dalam kehidupan sehari-hari

RANGKUMAN

1. Pencemaran adalah suatu keadaan, dalam mana suatu zat dan atau energi diintroduksi ke dalam suatu lingkungan oleh kegiatan manusia atau oleh proses alam sendiri dalam konsentrasi sedemikian rupa, hingga menyebabkan terjadinya perubahan dalam keadaan termaksud yang mengakibatkan lingkungan itu tidak berfungsi seperti semula dalam arti kesehatan, kesejahteraan dan keselamatan hayati.
2. Faktor-faktor pencemaran Air:
Banyak penyebab pencemaran air, tetapi secara umum dapat dikategorikan menjadi 2 (dua) yaitu sumber kontaminan langsung dan tidak langsung. Sumber langsung meliputi efluen yang keluar industri, TPA sampah, rumah tangga dan sebagainya. Sumber tak langsung adalah kontaminan yang memasuki badan air dari tanah, air tanah atau atmosfer berupa hujan. Pada dasarnya sumber pencemaran air berasal dari industri, rumah tangga (pemukiman) dan pertanian.
3. Komponen Pencemaran Air:
 - Bahan Buangan Padat
 - Bahan buangan organik dan olahan bahan makanan
 - Bahan buangan anorganik
 - Bahan buangan cairan berminyak
 - Bahan buangan berupa panas
 - Bahan buangan zat kimia
4. Dampak bahaya dari polusi air:
 - Terganggunya kehidupan organisme air karena berkurangnya kandungan oksigen
 - Terjadinya ledakan ganggang dan tumbuhan air
 - Pendangkalan dasar perairan
 - Tersumbatnya penyaring reservoir, dan menyebabkan perubahan ekologi
 - Dalam jangka panjang mengakibatkan kanker dan kelahiran cacat

- Akibat penggunaan pestisida yang berlebihan selain membunuh hama dan penyakit, juga membunuh serangga dan makhluk yang berguna terutama predator
 - Kematian biota kuno, seperti plankton, ikan bahkan burung
 - Dapat mengakibatkan mutasi sel kanker dan leukemia
5. Contoh polutan Air:
- Fosfat
 - Nitrat dan Nitrit
 - Poliklorin Bifenil (PCB)
 - Residu Pestisida Organiklorin
 - Minyak dan Hidrokarbo
 - Radio Nuklida
6. Dampak pencemaran air di lingkungan sekitar
- Dampak terhadap kehidupan biota air
 - Dampak terhadap kualitas air tanah
 - Dampak terhadap kesehatan
 - Dampak terhadap estetika lingkungan

EVALUASI FORMATIF 2

1. Apa yang dimaksud dengan pencemaran lingkungan?
2. Sebutkan dan jelaskan 3 sumber pencemaran air!
3. Apa yang dimaksud dengan Eutrofikasi dalam limbah pertanian?
4. Sebutkan dan jelaskan minimal 3 komponen pencemaran air!
5. Sebutkan dan jelaskan 3 dampak dari pencemaran air!

KUNCI JAWABAN

1. Pencemaran adalah suatu keadaan, dalam mana suatu zat dan atau energi diintroduksi ke dalam suatu lingkungan oleh kegiatan manusia atau oleh proses alam sendiri dalam konsentrasi sedemikian rupa, hingga menyebabkan terjadinya perubahan dalam keadaan termaksud yang mengakibatkan lingkungan itu tidak berfungsi seperti semula dalam arti kesehatan, kesejahteraan dan keselamatan hayati
2. 3 jenis sumber pencemaran air yaitu:
 - Limbah Industri

Limbah industri mengandung logam berat berbahaya, misalnya merkuri, arsenik, dan kadmium. Zat-zat ini dapat merusak organ tubuh manusia. Limbah industri harus diolah dahulu sebelum dibuang ke lingkungan

- Limbah rumah tangga

Limbah rumah tangga berupa detergen bekas mencuci pakaian, air dari kamar mandi, kakus, dan dapur. Kotoran-kotoran itu merupakan campuran dari zat-zat kimia, bahan mineral, dan bahan organik dalam berbagai bentuk. Banyak rumah tangga yang mengalirkan air limbah dan membuang sampah ke sungai. Tindakan ini mengakibatkan sungai menjadi tercemar

- Limbah pertanian

Limbah pertanian dapat berasal dari pestisida dan pupuk kimia buatan. Sebagian pestisida dan pupuk hanyut dan terbawa aliran air keperairan. Pupuk kaya unsur hara (nutrien).

3. Eutrofikasi merupakan kondisi suatu perairan yang dipenuhi oleh tumbuhan air atau gulma karena perairan tersebut kaya unsur hara atau nutrien.

4. 3 komponen pencemaran air yaitu:

- Bahan Buangan Padat

Bahan buangan padat adalah bahan buangan yang berbentuk padat, baik yang kasar maupun yang halus, misalnya sampah.

- Bahan buangan organik dan olahan bahan makanan

Bahan buangan organik umumnya berupa limbah yang dapat membusuk atau terdegradasi oleh mikroorganisme, sehingga bila dibuang ke perairan akan menaikkan populasi mikroorganisme.

- Bahan buangan cairan berminyak

Bahan buangan berminyak yang dibuang ke air lingkungan akan mengapung menutupi permukaan air. Jika bahan buangan minyak mengandung senyawa yang volatile, maka akan terjadi penguapan dan luas permukaan minyak yang menutupi permukaan air akan menyusut.

5. 3 Dampak pencemaran air yaitu:

- Dampak terhadap kehidupan biota air

Banyaknya zat pencemaran pada air limbah akan menyebabkan menurunnya kadar oksigen terlarut dalam air tersebut. Sehingga mengakibatkan kehidupan dalam air membutuhkan oksigen terganggu serta mengurangi perkembangannya. Akibat matinya bakteri-bakteri, maka proses penjernihan air secara alamiah yang seharusnya terjadi pada air limbah juga terhambat.

- Dampak terhadap kualitas air tanah

Pencemaran air tanah oleh tinja yang biasa diukur dengan *faecal coliform* telah terjadi dalam skala yang luas, hal ini dibuktikan oleh suatu survey sumur dangkal di Jakarta. Banyak penelitian yang mengindikasikan terjadinya pencemaran tersebut.

- Dampak terhadap estetika lingkungan

Dengan semakin banyaknya zat organik yang dibuang ke lingkungan perairan, maka perairan tersebut akan semakin tercemar yang biasanya ditandai dengan bau yang menyengat disamping tumpukan yang dapat mengurangi estetika lingkungan.

Lembar Kerja Praktek 2

Kegiatan Pembelajaran 3: Analisis Penanggulangan Pencemaran Air

KEMAMPUAN AKHIR YANG DIHARAPKAN

1. Mahasiswa mengetahui jenis-jenis penanggulangan pencemaran lingkungan.
2. Mahasiswa mampu mengetahui bagaimana cara menanggulangi pencemaran lingkungan dalam kehidupan sehari-hari.

URAIAN MATERI

A. Penanggulangan Pencemaran Air Berdasarkan Hukum Di Indonesia

Baku Mutu Air menurut Peraturan Pemerintah Nomor 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, Pasal 1 butir 9 adalah ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi atau komponen yang ada atau harus ada dan/atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya didalam air (Cavenett, 2013). Air merupakan sumber kehidupan, mengingat pentingnya air baik bagi manusia dan kehidupannya juga bagi badan-badan usaha dan industri serta seluruh komponen kehidupan yang ada, maka Pemerintah mengeluarkan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Adanya peraturan ini tidak lain ditujukan agar dapat menjamin kualitas air sesuai dengan peruntukannya atau yang disebut dengan pengelolaan kualitas air. Begitu pula dalam peraturan ini juga mengatur tentang pengendalian air yaitu bertujuan untuk menjamin kualitas air sesuai dengan baku mutu air (“Herimariaty,” 2012).

Dalam PP No. 20/1990 tentang Pengendalian Pencemaran Air, pencemaran air didefinisikan sebagai : *“pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya”* (Pasal 1, angka 2). Definisi pencemaran air tersebut dapat diuraikan sesuai makna pokoknya menjadi 3 (tiga) aspek, yaitu aspek kejadian, aspek penyebab atau pelaku dan aspek akibat (Setiawan, 2001).

Ada standar baku mutu tertentu untuk peruntukan air. Sebagai contoh adalah pada UU Kesehatan No. 23 tahun 1992 ayat 3 terkandung makna bahwa air minum

yang dikonsumsi masyarakat, harus memenuhi persyaratan kualitas maupun kuantitas, yang persyaratan kualitas tertuang dalam Peraturan Menteri Kesehatan No. 146 tahun 1990 tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air. Sedangkan parameter kualitas air minum/air bersih yang terdiri dari parameter kimiawi, fisik, radioaktif dan mikrobiologi, ditetapkan dalam PERMENKES 416/1990 .

Penanggulangan dilakukan secara teknis dan non-teknis. Penanggulangan secara non-teknis yaitu suatu usaha untuk mengurangi pencemaran lingkungan dengan cara menciptakan peraturan perundangan yang dapat merencanakan, mengatur dan mengawasi segala macam bentuk kegiatan industri dan teknologi sehingga tidak terjadi pencemaran. Peraturan perundangan ini hendaknya dapat memberikan gambaran secara jelas tentang kegiatan industri yang akan dilaksanakan, misalnya meliputi AMDAL, pengaturan dan pengawasan kegiatan dan menanamkan perilaku disiplin. Sedangkan penanggulangan secara teknis bersumber pada perlakuan industri terhadap perlakuan buangnya, misalnya dengan mengubah proses, mengelola limbah atau menambah alat bantu yang dapat mengurangi pencemaran.

Adapun peraturan perundang-undangan yang mengatur tentang penanggulangan pencemaran air yang lain adalah sebagai berikut.

1. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 92/MENKES/PER/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum.
2. PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air , Pengendalian Pencemaran Air.
3. KepMen LH No. Kep-35/MenLH/7/ 1995 tentang Program Kali Bersih (PROKASIH).
4. KepMen LH No. Kep-35A/ MenLH /7/ 1995 tentang Program Penilaian Kinerja Perusahaan/ Kegiatan Usaha Dalam Pengendalian Pencemaran di Lingkup Kegiatan PROKASIH (Proper Prokasih).
5. KepMen LH No. 51/MenLH/10/ 1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri.
6. KepMen LH No. 52/MENLH/10/ 1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Hotel.
7. KepMen LH No. 58/MENLH/10/ 1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Rumah Sakit.

8. KepMen LH No. 09/MENLH/4/ 1997 tentang Perubahan KepMen LH No. 42 Tahun 1996 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Minyak dan Gas Serta Panas Bumi.
9. KepMen LH No. 03/MENLH/1/1998 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kawasan Industri.
10. KepMen LH No. 28 Tahun 2003 tentang Pedoman Teknis Pengkajian Pemanfaatan Air Limbah dan Industri Minyak Sawit Pada Tanah di Perkebunan Kelapa Sawit.
11. KepMen LH No. 29 Tahun 2003 tentang Pedoman Syarat dan Tata Cara Perizinan Pemanfaatan Air.
12. KepMen LH No. 110 Tahun 2003 tentang Pedoman Penetapan Daya Tampung Beban Pencemaran Air Pada Sumber Air.
13. KepMen LH No. 111 Tahun 2003 tentang Pedoman Mengenai Syarat dan Tata Cara Perizinan Serta Pedoman Kajian Pembuangan Air Limbah ke Air atau Sumber Air.
14. KepMen LH No. 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.
15. KepMen LH No. 113 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan atau Kegiatan Pertambangan Batu Bara.
16. KepMen LH No. 114 Tahun 2003 tentang Pedoman Pengkajian tentang Pedoman Pengkajian Untuk Menetapkan Kelas Air.
17. KepMen LH No. 115 Tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air.
18. KepMen LH No. 142 Tahun 2003 tentang Perubahan KepMen LH No. 111 Tahun 2003 tentang Pedoman Mengenai Syarat dan Tata Cara Perizinan Serta Pedoman Kajian Pembuangan Air Limbah ke Air atau Sumber Air.
19. Undang-undang Nomor 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air.

Sebenarnya penanggulangan pencemaran air dapat dimulai dari diri kita sendiri. Dalam keseharian, kita dapat mengurangi pencemaran air dengan cara mengurangi produksi sampah (*minimize*) yang kita hasilkan setiap hari. Selain itu, kita dapat pula mendaur ulang (*recycle*) dan mendaur pakai (*reuse*) sampah tersebut.

Kitapun perlu memperhatikan bahan kimia yang kita buang dari rumah kita. Karena saat ini kita telah menjadi masyarakat kimia, yang menggunakan ratusan jenis zat kimia dalam keseharian kita, seperti mencuci, memasak, membersihkan rumah, memupuk tanaman, dan sebagainya. Kita harus bertanggung jawab terhadap berbagai sampah seperti makanan dalam kemasan kaleng, minuman dalam botol dan sebagainya, yang memuat unsur pewarna pada kemasannya dan kemudian

terserap oleh air tanah pada tempat pembuangan akhir. Bahkan pilihan kita untuk bermobil atau berjalan kaki, turut menyumbangkan emisi asam atau hidrokarbon ke dalam atmosfer yang akhirnya berdampak pada siklus air alam.

1. Cara Penanggulangan Pencemaran Air

1) Pengolahan Limbah

Agar limbah cair tidak membahayakan lingkungan, sebelum dibuang, limbah tersebut harus diproses terlebih dahulu untuk menghilangkan logam, asam, alkali, sianida dan pelarut berbahaya. Diperlukan cara-cara yang berbeda untuk masing-masing komponen. Karena itu aliran limbah harus dibedakan dalam proses produksi agar penanganannya lebih optimal. Biasanya, dalam proses pengolahan limbah, sianida dihancurkan dengan proses oksidasi, sedangkan asam basa dihancurkan dengan menggunakan hipoklorit. Kolam-kolam oksidasi sering digunakan di dalam industri besar untuk melakukan penghancuran sianida secara alami. Sayangnya kendati hasilnya lebih baik, proses ini membutuhkan ketersediaan lahan dalam jumlah besar. Krom harus direduksi dulu sebelum diendapkan. Atau bisa juga melalui proses oksidasi langsung dan pengendapan dengan natrium hidrosulfat atau hidrazin. Sedangkan logam diendapkan dengan menambahkan kapur atau kostik.

Pengolahan limbah bertujuan untuk menetralkan air dari bahan-bahan tersuspensi dan terapung, menguraikan bahan organik (yakni bahan organik yang dapat terurai oleh aktivitas makhluk hidup), meminimalkan bakteri patogen, serta memerhatikan estetika dan lingkungan. Pengolahan air limbah dapat dilakukan sebagai berikut:

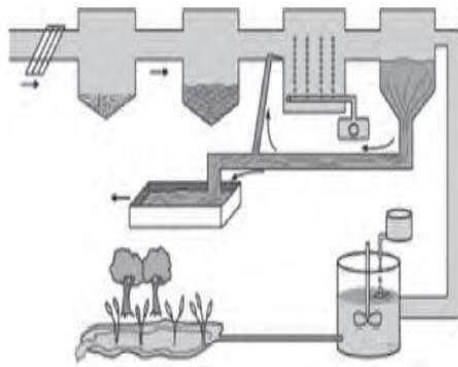
a) Pembuatan Kolam Stabilisasi

Dalam kolam stabilisasi, air limbah diolah secara alamiah untuk menetralkan zat-zat pencemar sebelum air limbah dialirkan ke sungai. Kolam stabilisasi yang umum digunakan adalah kolam anaerobik, kolam fakultatif (pengolahan air limbah yang tercemar bahan organik pekat), dan kolam maturasi (pemusnahan mikroorganisme patogen). Kolam stabilisasi ini dapat digunakan oleh semua kalangan karena mudah memilikinya dan murah harganya.

b) IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah)

Pengolahan air limbah ini menggunakan alat-alat khusus. Pengolahan ini dilakukan melalui tiga tahapan, yaitu *primary treatment* (pengolahan pertama), *secondary treatment* (pengolahan kedua), dan *tertiary treatment*

(pengolahan lanjutan). *Primary treatment* merupakan pengolahan pertama yang bertujuan untuk memisahkan zat padat dan zat cair dengan menggunakan filter (saringan) dan bak sedimentasi. *Secondary treatment* merupakan pengolahan kedua yang bertujuan untuk mengoagulasikan, menghilangkan koloid, dan menstabilisasikan zat organik dalam limbah. *Tertiary treatment* merupakan lanjutan dari pengolahan kedua, yaitu penghilangan nutrisi atau unsur hara, khususnya nitrat dan fosfat, serta penambahan klor untuk memusnahkan mikroorganisme patogen.



Gambar 1.14. Instalasi pengolahan air limbah

c) Pengelolaan Excreta

Excreta banyak terkandung dalam air limbah rumah tangga. *Excreta* banyak mengandung bakteri patogen penyebab penyakit. Jika tidak dikelola dengan baik, *excreta* dapat menimbulkan berbagai penyakit. Pengelolaan *excreta* dapat dilakukan dengan menampung dan mengolahnya pada jamban atau *septic tank* yang ada di sekitar tempat tinggal, dialirkan ke tempat pengelolaan, atau dilakukan secara kolektif.

Untuk mencegah meresapnya air limbah *excreta* ke sumur atau resapan air, jamban yang dibuat harus sehat. Syaratnya, tidak mengotori permukaan tanah, permukaan air dan air tanah di sekitarnya, tidak menimbulkan bau, sederhana, jauh dari jangkauan serangga (lalat, nyamuk, atau kecoa), murah, dan diterima oleh pemakainya. Pengelolaan *excreta* dalam *septic tank* dapat diolah secara anaerobik menjadi biogas yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber gas untuk rumah tangga. Selain itu, pengelolaan *excreta* dengan tepat akan menjauhkan kita dari penyakit bawaan air.

Dalam meminimalisasi sampah hasil limbah rumah tangga khususnya,

dapat dilakukan upaya pengurangan sampah. Hal ini sebagaimana disebutkan oleh Kistinnah bahwa cara menangani limbah cair dan padat diharapkan tidak menyebabkan polusi dengan prinsip ekologi yang dikenal dengan istilah 4R, yaitu *recycle*, *reuse*, *reduce*, dan *repair*.

1. *Recycle* (Pendaaurulangan)

Proses *recycle* misalnya untuk sampah yang dapat terurai dijadikan kompos. Kompos ini dipadukan dengan pemeliharaan cacing tanah, sehingga dapat diperoleh hasil yang baik. Cacing tanah dapat menyuburkan tanah dan kompos digunakan untuk pupuk.

2. *Reuse* (Penggunaan Ulang)

Proses *reuse* dilakukan untuk sampah yang tidak dapat terurai dan dapat dimanfaatkan ulang. Misalnya botol bekas sirup dapat digunakan lagi untuk menyimpan air minum.

3. *Reduce*

Reduce adalah melakukan pengurangan bahan/penghematan. Contoh-nya jika akan berbelanja ke pasar atau supermarket, sebaiknya dari rumah membawa tas. Janganlah meminta tas plastik dari toko atau supermarket kalau akhirnya hanya dibuang saja.

4. *Repair*

Repair artinya melakukan pemeliharaan. Contohnya membuang sampah tidak sembarangan, terutama tidak membuang sampah di perairan.

Contoh Soal 1.6: Tuliskan minimal 3 contoh cara penanggulangan pencemaran Air!

Jawab : Pengolahan Limbah yaitu Pembuatan Kolam Stabilisasi, IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) dan Pengelolaan Excreta .

Contoh Soal 1.7: Bagaimana cara pengelolaan *excreta*?

Jawab : Pengelolaan *excreta* dapat dilakukan dengan menampung dan mengolahnya pada jamban atau *septic tank* yang ada di sekitar tempat tinggal, dialirkan ke tempat pengelolaan, atau dilakukan secara kolektif.

PENUGASAN KELAS

1. Bentuklah kelompok kecil dan diskusikanlah bagaimana penanggulangan pencemaran air
2. Diskusikanlah dalam kelompok kecil contoh-contoh penanggulangan Air yang sering dilakukan dalam kehidupan sehari-hari

RANGKUMAN

1. Cara Penanggulangan Pencemaran Air

Pengolahan Limbah yaitu :

- Pembuatan Kolam Stabilisasi
- IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah)
- Pengelolaan Excreta (*recycle, reuse, reduce, dan repair*)

3. Pembuatan Kolam Stabilisasi

Dalam kolam stabilisasi, air limbah diolah secara alamiah untuk menetralkan zat-zat pencemar sebelum air limbah dialirkan ke sungai. Kolam stabilisasi yang umum digunakan adalah kolam anaerobik, kolam fakultatif (pengolahan air limbah yang tercemar bahan organik pekat), dan kolam maturasi (pemusnahan mikroorganisme patogen).

4. IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah)

Pengolahan air limbah ini menggunakan alat-alat khusus. Pengolahan ini dilakukan melalui tiga tahapan, yaitu *primary treatment* (pengolahan pertama), *secondary treatment* (pengolahan kedua), dan *tertiary treatment* (pengolahan lanjutan).

5. Pengelolaan Excreta

Pengelolaan *excreta* dalam *septic tank* dapat diolah secara anaerobik menjadi biogas yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber gas untuk rumah tangga. Selain itu, pengelolaan *excreta* dengan tepat akan menjauhkan kita dari penyakit bawaan air.

6. *Recycle* (Pendaaurulangan)

Proses *recycle* adalah proses pengolahan untuk sampah yang dapat terurai dijadikan kompos.

7. *Reuse* (Penggunaan Ulang)

Proses *reuse* dilakukan untuk sampah yang tidak dapat terurai dan dapat dimanfaatkan ulang.

8. *Reduce*

Reduce adalah melakukan pengurangan bahan/penghematan

9. *Repair*

Repair artinya melakukan pemeliharaan.

EVALUASI FORMATIF 3

1. Sebutkan 3 tahap dalam IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah)?
2. Apa yang dimaksud dengan *Primary treatment*?
3. Apa tujuan dari pengolahan limbah?
4. Apa yang dimaksud dengan *Reuse*?sebutkan contohnya!
5. Sebutkan contoh dari prinsip *Reduce*!

KUNCI JAWABAN

1. Tiga tahapan dalam IPAL yaitu *primary treatment* (pengolahan pertama), *secondary treatment* (pengolahan kedua), dan *tertiary treatment* (pengolahan lanjutan).
2. *Primary treatment* merupakan pengolahan pertama yang bertujuan untuk memisahkan zat padat dan zat cair dengan menggunakan filter (saringan) dan bak sedimentasi.
3. Pengolahan limbah bertujuan untuk menetralkan air dari bahan-bahan tersuspensi dan terapung, menguraikan bahan organik (yakni bahan organik yang dapat terurai oleh aktivitas makhluk hidup), meminimalkan bakteri patogen, serta memerhatikan estetika dan lingkungan.
4. *Reuse* (Penggunaan Ulang)
Proses *reuse* dilakukan untuk sampah yang tidak dapat terurai dan dapat dimanfaatkan ulang. Misalnya botol bekas sirup dapat digunakan lagi untuk menyimpan air minum.
5. Contohnya jika akan berbelanja ke pasar atau supermarket, sebaiknya dari rumah membawa tas. Janganlah meminta tas plastik dari toko atau supermarket

kalau akhirnya hanya dibuang saja

Lembar Kerja Praktek 3

Modul 2:

UDARA

PENDAHULUAN

Udara sebagai sumber daya alam yang mempengaruhi kehidupan manusia serta makhluk hidup lainnya, memiliki peranan yang penting dalam menjaga kelangsungan hidup manusia. Udara merupakan faktor yang penting dalam kehidupan, namun dengan meningkatnya pembangunan fisik kota dan pusat – pusat industri, kualitas udara telah mengalami perubahan. Udara yang dulunya segar, kini kering dan kotor. Keadaan ini apabila tidak segera di tanggulangi dapat membahayakan kesehatan manusia, kehidupan hewan, serta tumbuhan . Perubahan lingkungan udara disebabkan pencemaran udara, yaitu masuknya zat pencemar (berbentuk gas – gas dan partikel kecil / aerosol) kedalam udara. Zat pencemar masuk kedalam udara dapat secara alamiah (asap kebakaran hutan, akibat gunung berapi, debu meteorit, dan pancaran garam dari laut) dan aktivitas manusia (transportasi, industri pembuangan sampah). Konsentrasi pencemaran udara di beberapa kota besar dan daerah industri Indonesia menyebabkan adanya gangguan pernafasan, iritasi pada mata dan telinga, timbulnya penyakit tertentu serta gangguan jarak pandang. Pembahasan dibawah ini bertujuan untuk mengetahui gambaran secara umum tentang udara dan permasalahannya serta mengetahui tentang upaya - upaya dalam pengendalian pencemaran udara.

Kegiatan Pembelajaran 1: Pengenalan Udara

KEMAMPUAN AKHIR YANG DIHARAPKAN

1. Mahasiswa memiliki pengertian dan pemahaman tentang Udara dalam kehidupan sehari-hari
2. Mahasiswa mampu memahami dan mengetahui karakteristik udara
3. Mahasiswa memiliki pengetahuan tentang komponen penyusun udara
4. Mahasiswa mampu mengetahui manfaat udara dalam kehidupan sehari-hari

URAIAN MATERI**A. Pengertian Udara**

Udara adalah suatu campuran gas yang terdapat pada lapisan yang mengelilingi bumi. Komposisi campuran gas tersebut tidak selalu konstan. Komponen yang konsentrasinya paling bervariasi adalah air dalam bentuk uap H_2O dan karbon dioksida (CO_2). Jumlah uap air yang terdapat di udara bervariasi tergantung dari cuaca dan suhu. Konsentrasi CO_2 di udara selalu rendah, yaitu sekitar 0.03%. konsentrasi CO_2 mungkin naik, tetapi masih dalam kisaran beberapa per seratus persen, misalnya di sekitar proses-proses yang menghasilkan CO_2 seperti pembusukan sampah tanaman, pembakaran, atau di sekitar kumpulan massa manusia di dalam ruangan terbatas yaitu karena pernafasan. Konsentrasi CO_2 yang relatif rendah dijumpai di atas kebun atau lading tanaman yang sedang tumbuh atau di udara yang baru melalui lautan. Konsentrasi yang relatif rendah ini disebabkan oleh absorpsi CO_2 oleh tanaman selama fotosintesis dan karena kelarutan CO_2 di dalam air. Tetapi pengaruh proses-proses tersebut terhadap konsentrasi total CO_2 di udara sangat kecil karena rendahnya konsentrasi CO_2 . Udara bersih yang dihirup hewan dan manusia merupakan gas yang tidak tampak, tidak berbau, tidak berwarna maupun berasa.

Dalam hal ini gas yang sangat penting bagi kehidupan makhluk hidup salah satunya yaitu oksigen. Oksigen yang terdapat pada udara dihasilkan dari fotosintesis tumbuhan yang mengolah Karbon dioksida menjadi oksigen. Ketinggian permukaan bumi tentunya akan mempengaruhi keadaan udara, semakin tinggi permukaan dan semakin tinggi permukaan dan semakin dekat dengan lapisan troposfer maka udara akan semakin berkurang. Lalu pada udara ada juga yang disebut dengan lapisan ozon, yang fungsinya untuk melindungi makhluk hidup dari sinar ultraviolet.

B. Unsur Utama Penyusun Udara**1. Udara kering**

Kandungan Udara kering yaitu:

- 78% Nitrogen
- 20% Oksigen
- 0,93% Argon
- 0,03% Karbondioksida
- 0,003% Gas lain (Neon, Metana, Hidrogen, Ozon, Radon, Xenon, Krypton, Helium)

2. Uap air

Uap air yang ada di dalam udara ini berasal dari evaporasi (penguapan) pada laut, danau, sungai dan tempat-tempat berair yang lain.

2. Aerosol

Aerosol adalah benda yang memiliki ukuran kecil, seperti contohnya garam, sulfat, kalium, kalsium, nitrat, karbon dan partikel yang dihasilkan dari gunung berapi.

C. Karakteristik Udara

Menurut Triyatno (2013) karakteristik udara dapat diidentifikasi sebagai berikut :

1. Udara mengalir dari tekanan tinggi ke tekanan rendah
2. Volume udara tidak tetap
3. Udara dapat dikompresi (dipadatkan)
4. Berat jenis udara 1,3 kg/m³
5. Udara tidak berwarna
6. Mudah bergerak
7. Dapat ditekan
8. Dapat berkembang dan menghasilkan tekanan

D. Manfaat Udara

Beberapa manfaat yang bisa didapatkan dari udara diantaranya yaitu:

- 1) Pada udara terdapat oksigen yang berguna untuk bernafas.
- 2) Udara dapat mempengaruhi denyut jantung makhluk hidup.
- 3) Udara yang bersih terbebas dari polusi akan menghilangkan rasa stress, membuat lebih santai dan terasa segar bagi tubuh.
- 4) Udara yang bersih dapat meningkatkan sistem kekebalan tubuh.
- 5) Udara yang bersih dapat meningkatkan daya pikir atau dapat meningkatkan konsentrasi.
- 6) Udara dapat menentukan klasifikasi iklim, cuaca maupun musim pada suatu tempat.
- 7) Udara berguna untuk berkomunikasi misalnya menghantarkan gelombang suara dan untuk menghantarkan gelombang radio.
- 8) Udara bermanfaat untuk menyebarkan spora, pada tumbuhan tertentu udara berguna untuk menyebarkan spora atau benih-benihnya.
- 9) Pada udara terdapat karbondioksida yang berguna untuk tumbuhan

berfotosintesis.

10) Udara melindungi bumi dari benda-benda ruang angkasa, jika ada benda ruang angkasa yang jatuh ke bumi maka akan terkikis dan hancur di atmosfer sehingga tidak jatuh ke bumi atau bisa juga jatuh ke bumi tapi dengan ukuran yang lebih kecil.

11) Dan masih banyak lagi manfaat lainnya dari udara.

E. Komponen yang Menyusun Udara

Menurut Wikipedia (2013) yang menjadi komponen-komponen penyusun udara adalah sebagai berikut :

1. Helium

Helium (He) adalah unsur kimia yang tak berwarna, tak berbau, tak berasa, tak beracun, hampir inert, berupa gas monatomik, dan merupakan unsur pertama pada golongan gas mulia dalam tabel periodik dan memiliki nomor atom 2. Helium adalah unsur kedua terbanyak dan kedua teringan di jagad raya, mencakupi 24% massa keunsuran total alam semesta dan 12 kali jumlah massa keseluruhan unsur berat lainnya. Keberlimpahan helium yang sama juga dapat ditemukan pada Matahari dan Yupiter.

Hal ini dikarenakan tingginya energi pengikatan inti (per nukleon) helium-4 berbanding dengan tiga unsur kimia lainnya setelah helium. Energi pengikatan helium-4 ini juga bertanggung jawab atas keberlimpahan helium-4 sebagai produk fusi nuklir maupun peluruhan radioaktif. Kebanyakan helium di alam semesta ini berupa helium-4, yang dipercaya terbentuk semasa Ledakan Dahsyat. Beberapa helium baru juga terbentuk lewat fusi nuklir hidrogen dalam bintang semesta.

2 Nitrogen

Nitrogen atau zat lemas adalah unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang N dan nomor atom 7. Biasanya ditemukan sebagai gas tanpa warna, tanpa bau, tanpa rasa dan merupakan gas diatomik bukan logam yang stabil, sangat sulit bereaksi dengan unsur atau senyawa lainnya. Dinamakan zat lemas karena zat ini bersifat malas, tidak aktif bereaksi dengan unsur lainnya. Nitrogen mengisi 78,08 persen atmosfer Bumi dan terdapat dalam banyak jaringan hidup. Zat lemas membentuk banyak senyawa penting seperti asam amino, amoniak, asam nitrat, dan sianida.

3. Oksigen

Oksigen atau zat asam adalah unsur kimia dalam sistem tabel periodik yang mempunyai lambang O dan nomor atom 8. Ia merupakan unsur golongan kalkogen dan dapat dengan mudah bereaksi dengan hampir semua unsur lainnya (utamanya menjadi oksida). Pada Temperatur dan tekanan standar, dua atom unsur ini berikatan menjadi dioksigen, yaitu senyawa gas diatomik dengan rumus O_2 yang tidak berwarna, tidak berasa, dan tidak berbau. Oksigen merupakan unsur paling melimpah ketiga di alam semesta berdasarkan massa dan unsur paling melimpah di kerak Bumi. Gas oksigen diatomik mengisi 20,9% volume atmosfer bumi. Semua kelompok molekul struktural yang terdapat pada organisme hidup, seperti protein, karbohidrat, dan lemak, mengandung oksigen

Oksigen dalam bentuk O_2 dihasilkan dari air oleh sianobakteri, ganggang, dan tumbuhan selama fotosintesis, dan digunakan pada respirasi sel oleh hampir semua makhluk hidup. Oksigen beracun bagi organisme anaerob, yang merupakan bentuk kehidupan paling dominan pada masa-masa awal evolusi kehidupan. O_2 kemudian mulai berakumulasi pada atmosfer sekitar 2,5 miliar tahun yang lalu. Terdapat pula alotrop oksigen lainnya, yaitu ozon (O_3). Lapisan ozon pada atmosfer membantu melindungi biosfer dari radiasi ultraviolet, namun pada permukaan bumi ia adalah polutan yang merupakan produk samping dari asbut.

4. Karbondioksida

Karbon dioksida (rumus kimia: CO_2) atau zat asam arang adalah sejenis senyawa kimia yang terdiri dari dua atom oksigen yang terikat secara kovalen dengan sebuah atom karbon. Ia berbentuk gas pada keadaan temperatur dan tekanan standar dan hadir di atmosfer bumi. Rata-rata konsentrasi karbon dioksida di atmosfer bumi kira-kira 387 ppm berdasarkan volume, walaupun jumlah ini bisa bervariasi tergantung pada lokasi dan waktu. Karbon dioksida adalah gas rumah kaca yang penting karena ia menyerap gelombang inframerah dengan kuat.

Karbon dioksida dihasilkan oleh semua hewan, tumbuh-tumbuhan, fungi, dan mikroorganisme pada proses respirasi dan digunakan oleh tumbuhan pada proses fotosintesis. Oleh karena itu, karbon dioksida merupakan komponen penting dalam siklus karbon. Karbon dioksida juga dihasilkan dari hasil samping pembakaran bahan bakar fosil. Karbon dioksida anorganik dikeluarkan dari gunung berapi dan proses geotermal lainnya seperti pada mata air panas. Karbon dioksida tidak mempunyai bentuk cair pada tekanan di bawah 5,1 atm namun langsung menjadi

padat pada temperatur di bawah $-78\text{ }^{\circ}\text{C}$. Dalam bentuk padat, karbon dioksida umumnya disebut sebagai es kering.

5. Argon (Ar)

Argon adalah unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki simbol Ar dan nomor atom 18. Gas mulia ke-3, di periode 8, argon membentuk 1% dari atmosfer bumi.

6. Karbon monoksida (CO)

Gas ini sangat berbahaya, tidak berwarna dan tidak berbau, CO berbahaya karena bereaksi dengan hemoglobin darah membentuk Carboxy hemoglobin (CO-Hb). Akibatnya fungsi Hb membawa oksigen ke sel-sel tubuh terhalangi, sehingga gejala keracunan, sesak nafas dan penderita pucat.

7. Gas lain dalam udara

Krypton (Kr), neon (Ne), atau xenon (Xe) merupakan gas-gas yang sulit bereaksi dengan unsur-unsur lain. Neon dan argon banyak digunakan untuk mengisi bohlam (lampu pijar). Gas Helium (He) dan hidrogen (H_2) merupakan gas yang sangat ringan. Gas-gas tersebut sering digunakan sebagai pengisi balon. Di matahari, terjadi reaksi fusi (penggabungan) gas-gas hidrogen menjadi helium. Dari reaksi tersebut dihasilkan energi yang sangat besar. Energi inilah yang merupakan sumber energi bagi kehidupan di bumi. Ozon (O_3) merupakan salah satu bentuk molekul oksigen. Gas ozon terletak di bagian atas adalah cahaya matahari yang mempunyai energi sangat tinggi. Sinar ini sangat berbahaya jika yang sampai di bumi terlalu banyak.

9. Jenis-jenis Udara

Udara dapat dibedakan menjadi 2, yaitu :

1. Udara Bersih

Udara bersih adalah udara yang mengandung beberapa macam gas dengan komposisi yang normal. Contohnya gas oksigen merupakan esensial bagi kehidupan makhluk hidup, termasuk manusia. Namun, akibat aktivitas manusia yang tidak ramah lingkungan, udara sering kali menurun kualitasnya. Perubahan ini dapat berupa sifat-sifat fisis maupun kimiawi. Perubahan kimiawi dapat berupa pengurangan maupun penambahan salah satu komponen kimia yang terkandung dalam udara. Kondisi seperti itu lazim disebut dengan pencemaran (polusi) udara. Ciri-ciri udara bersih yaitu : tidak berwarna, tidak berbau, terasa segar, ringan saat dihirup dan lain-lain.

2. Udara Kotor

Udara kotor adalah udara yang sudah terpapar atau tercampur dengan gas-gas yang berbahaya. Ciri-cirinya yaitu: berbau (biasanya tidak enak baunya), berwarna (seperti pada asap kendaraan bermotor).

10. Sifat-sifat Udara

Sifat-sifat atau cirri-ciri udara adalah sebagai berikut :

1. Ada di mana-mana, tidak dapat dilihat tetapi dapat dirasakan
2. Menempati ruang.
3. Mempunyai massa (berat).
4. Bentuk, volum, dan berat jenisnya selalu berubah
5. Memberikan tekanan
6. Mengembang bila dipanaskan dan menyusut bila didinginkan
7. Udara panas mempunyai tekanan yang lebih rendah daripada udara dingin
8. Udara yang bergerak memiliki tekanan yang lebih rendah daripada udara diam.

Contoh Soal 2.1: Apa yang dimaksud dengan udara?

Jawab : Udara adalah suatu campuran gas yang terdapat pada lapisan yang mengelilingi bumi. Komposisi campuran gas tersebut tidak selalu konstan. Komponen yang konsentrasinya paling bervariasi adalah air dalam bentuk uap H_2O dan karbon dioksida (CO_2).

Contoh Soal 2.2: Mengapa ketinggian permukaan bumi berpengaruh terhadap udara?

Jawab : Ketinggian permukaan bumi tentunya akan mempengaruhi keadaan udara, semakin tinggi permukaan dan semakin dekat dengan lapisan troposfer maka udara akan semakin berkurang.

PENUGASAN KELAS

1. Bentuklah kelompok kecil dan diskusikanlah tentang udara dan jenis-jenisnya
2. Diskusikanlah dalam kelompok kecil apa saja manfaat dan fungsi udara dalam kehidupan sehari-hari

RANGKUMAN

1. Udara adalah suatu campuran gas yang terdapat pada lapisan yang mengelilingi bumi
2. Unsur Utama Penyusun Udara ada 3 yaitu:
 - Udara Kering
 - Uap Air
 - Aerosol
3. Karakteristik Udara
 - Udara mengalir dari tekanan tinggi ke tekanan rendah
 - Volume udara tidak tetap
 - Udara dapat dikompresi (dipadatkan)
 - Berat jenis udara 1,3 kg/m³
 - Udara tidak berwarna
 - Mudah bergerak
 - Dapat ditekan
 - Dapat berkembang dan menghasilkan tekanan
4. Komponen yang menyusun udara
 - Helium
 - Nitrogen
 - Oksigen
 - Karbondioksida
 - Argon (Ar)
 - Karbon monoksida (CO)
 - Krypton (Kr), neon (Ne), atau xenon (Xe)
5. Jenis-jenis Udara
 - Udara bersih adalah udara yang mengandung beberapa macam gas dengan komposisi yang normal. Contohnya gas oksigen merupakan esensial bagi kehidupan makhluk hidup, termasuk manusia.
 - Udara kotor adalah udara yang sudah terpapar atau tercampur dengan gas-gas yang berbahaya. Ciri-cirinya yaitu: berbau (biasanya tidak enak baunya), berwarna (seperti pada asap kendaraan bermotor).
6. Sifat-sifat Udara
 - Ada di mana-mana, tidak dapat dilihat tetapi dapat dirasakan
 - Menempati ruang.
 - Mempunyai massa (berat).
 - Bentuk, volum, dan berat jenisnya selalu berubah

- Memberikan tekanan
- Mengembang bila dipanaskan dan menyusut bila didinginkan
- Udara panas mempunyai tekanan yang lebih rendah daripada udara dingin
- Udara yang bergerak memiliki tekanan yang lebih rendah daripada udara diam.

EVALUASI FORMATIF 1

1. Sebutkan minimal 5 karakteristik udara!
2. Sebutkan 3 manfaat udara bagi makhluk hidup!
3. Darimanakah karbon dioksida dihasilkan?
4. Sebutkan dan jelaskan jenis-jenis udara!
5. Sebutkan minimal 5 sifat-sifat udara yang kamu ketahui!

KUNCI JAWABAN

1. Berikut 5 karakteristik udara:
 - Udara mengalir dari tekanan tinggi ke tekanan rendah
 - Volume udara tidak tetap
 - Udara dapat dikompresi (dipadatkan)
 - Berat jenis udara 1,3 kg/m³
 - Udara tidak berwarna
2. Berikut 3 manfaat udara bagi makhluk hidup:
 - Pada udara terdapat oksigen yang berguna untuk bernafas.
 - Udara dapat mempengaruhi denyut jantung makhluk hidup.
 - Udara yang bersih terbebas dari polusi akan menghilangkan rasa stress, membuat lebih santai dan terasa segar bagi tubuh.
3. Karbon dioksida dihasilkan oleh semua hewan, tumbuh-tumbuhan, fungi, dan mikroorganisme pada proses respirasi dan digunakan oleh tumbuhan pada proses fotosintesis.
4. Jenis-jenis udara adalah sebagai berikut:
 - Udara bersih adalah udara yang mengandung beberapa macam gas dengan komposisi yang normal. Contohnya gas oksigen merupakan esensial bagi kehidupan makhluk hidup, termasuk manusia.
 - Udara kotor adalah udara yang sudah terpapar atau tercampur dengan gas-gas yang berbahaya. Ciri-cirinya yaitu: berbau (biasanya tidak enak

baunya), berwarna (seperti pada asap kendaraan bermotor).

5. Berikut 5 sifat-sifat udara yaitu:

- Ada di mana-mana, tidak dapat dilihat tetapi dapat dirasakan
- Menempati ruang.
- Mempunyai massa (berat).
- Bentuk, volum, dan berat jenisnya selalu berubah
- Memberikan tekanan

Lembar Kerja Praktek 1

Kegiatan Pembelajaran 2: Pencemaran Udara

KEMAMPUAN AKHIR YANG DIHARAPKAN

1. Mahasiswa memiliki pengertian dan pemahaman tentang pencemaran Udara
2. Mahasiswa mengetahui sumber pencemaran udara dalam kehidupan sehari-hari
3. Mahasiswa mampu mengetahui jenis-jenis pencemaran udara dalam kehidupan sehari-hari

URAIAN MATERI

A. Definisi Pencemaran Udara

Pengertian pencemaran udara berdasarkan Undang-Undang Nomor 23 tahun 1997 pasal 1 ayat 12 mengenai Pencemaran Lingkungan yaitu pencemaran yang disebabkan oleh aktivitas manusia seperti pencemaran yang berasal dari pabrik, kendaraan bermotor, pembakaran sampah, sisa pertanian, dan peristiwa alam seperti kebakaran hutan, letusan gunung api yang mengeluarkan debu, gas, dan awan panas. Pencemaran udara merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang serius di Indonesia saat ini, sejalan dengan semakin meningkatnya jumlah kendaraan bermotor dan peningkatan ekonomi transportasi. Pencemaran udara adalah masuknya atau tercampurnya unsur-unsur berbahaya ke dalam atmosfer yang dapat mengakibatkan terjadinya kerusakan lingkungan sehingga menurunkan kualitas lingkungan. Dengan demikian akan terjadi gangguan pada kesehatan manusia.



Gambar 2.1 Pencemaran Udara

Pencemaran udara dapat diartikan sebagai adanya bahan-bahan atau zat-zat asing di dalam udara yang menyebabkan perubahan susunan (komposisi) udara dari keadaan normalnya. Masuknya bahan-bahan atau zat-zat asing ke dalam udara selalu menyebabkan perubahan kualitas udara. Masuknya bahan-bahan atau zat-zat asing tersebut tidak selalu menyebabkan pencemaran udara. Mengacu pada definisinya, pencemaran udara baru terjadi jika masuknya bahan-bahan atau zat-zat asing tersebut menyebabkan mutu udara turun sampai ke tingkat dimana kehidupan manusia, hewan dan binatang terganggu atau lingkungan tidak berfungsi sebagai mana mestinya.¹⁰ Udara memiliki peranan yang sangat penting bagi seluruh makhluk hidup dalam kehidupan sehari-hari. Udara tersusun dari berbagai macam gas yang mengelilingi bumi dan memiliki beberapa komponen utama yaitu 78,09% gas nitrogen dan 20,94% gas oksigen. Komponen udara tersebut memiliki perbandingan yang tidak selalu tetap, dapat dipengaruhi oleh keadaan suhu udara, tekanan udara, dan lingkungan disekitarnya. Adanya zat asing dalam udara menyebabkan perubahan komposisi udara dalam keadaan normalnya. Perubahan komposisi dalam udara dapat berupa sifat fisik maupun kimiawi. Keadaan seperti itu biasa disebut dengan pencemaran udara. Udara yang mengandung satu atau lebih bahan pencemar atau kombinasi zat asing di dalamnya dalam jumlah tertentu dan dalam waktu yang cukup lama akan mengganggu kehidupan manusia, hewan, dan tumbuhan.^{9pdf} Komposisi udara kering yang bersih, dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 2.1. Komposisi udara bersih

Komponen	Konsentrasi dalam Volume	
	(ppm)	(%)
Nitrogen (N ₂)	780,900	78,09
Oksigen (O ₂)	209,500	20,95
Argon (Ar)	9,300	0,93
Karbon dioksida(CO ₂)	320	0.032
Neon(Ne)	18	1,8 x 10 ⁻³
Helium (He)	5,2	5,2 x 10 ⁻⁴
Metana (CH ₄)	1,5	1,5 x 10 ⁻⁴
Krypton (Kr)	1,0	1,0 x 10 ⁻⁴
H ₂	0,5	5,0 x 10 ⁻⁵
H ₂ O	0,2	2,0 x 10 ⁻⁵
CO	0,1	1,0 x 10 ⁻⁵

Xe	0,08	$8,0 \times 10^{-6}$
O ₃	0,02	$2,0 \times 10^{-6}$
NH ₃	0,006	$6,0 \times 10^{-7}$
NO ₂	0,001	$1,0 \times 10^{-7}$
NO	0,0006	$6,0 \times 10^{-8}$
SO ₂	0,0002	$2,0 \times 10^{-8}$
H ₂ S	0,0002	$2,0 \times 10^{-8}$

B. Sumber Pencemaran Udara

Sumber pencemaran dapat merupakan kegiatan yang bersifat alami dan kegiatan antropogenik. Contoh sumber alami adalah akibat letusan gunung berapi, kebakaran hutan, dekomposisi biotik, debu, spora tumbuhan dan lain sebagainya. Pencemaran akibat kegiatan manusia secara kuantitatif sering lebih besar, misalnya sumber pencemar akibat aktivitas transportasi, industri, persampahan baik akibat proses dekomposisi ataupun pembakaran dan rumah tangga. Pencemaran udara akibat kegiatan transportasi yang sangat penting adalah akibat kendaraan bermotor di darat yang menghasilkan gas CO, Nox, hidrokarbon, SO₂ dan *Tetraethyl lead*, yang merupakan bahan logam timah yang ditambahkan kedalam bensin berkualitas rendah untuk meningkatkan nilai oktan guna mencegah terjadinya letupan pada mesin. Parameter penting akibat aktivitas ini adalah CO, Partikulat, NOx, HC, Pb, dan SOx. Emisi pencemaran udara oleh industri sangat tergantung dari jenis industri dan prosesnya, peralatan industri dan utilitasnya. Berbagai industri dan pusat pembangkit tenaga listrik menggunakan tenaga dan panas yang berasal dari pembakaran arang dan bensin. Hasil sampingan dari pembakaran adalah SOx, asap dan bahan pencemar lain. Proses pembakaran sampah walaupun skalanya kecil sangat berperan dalam menambah jumlah zat pencemar diudara terutama debu dan hidrokarbon. Hal penting yang perlu diperhitungkan dalam emisi pencemaran udara oleh sampah adalah emisi partikulat akibat pembakaran, sedangkan emisi dari proses dekomposisi yang perlu diperhatikan adalah emisi HC dalam bentuk gas metana.

C. Tingkatan Pencemaran Udara

Dengan menggunakan parameter konsentrasi zat pencemar dan waktu lamanya kontak antara bahan pencemar atau polutan dengan lingkungan (udara), WHO menetapkan empat tingkatan pencemaran sebagai berikut:

- 1) Pencemaran tingkat pertama; yaitu pencemaran yang tidak menimbulkan kerugian bagi manusia

- 2) Pencemaran tingkat kedua; yaitu pencemaran yang mulai menimbulkan kerugian bagi manusia seperti terjadinya iritasi pada indra kita
- 3) Pencemaran tingkat ketiga; yaitu pencemaran yang sudah dapat bereaksi pada faal tubuh dan menyebabkan terjadinya penyakit yang kronis
- 4) Pencemaran tingkat keempat; yaitu pencemaran yang telah menimbulkan sakit akut dan kematian bagi manusia maupun hewan dan tumbuh-tumbuhan

D. Jenis Pencemaran Udara

Ada beberapa jenis pencemaran udara, yaitu:

1. Berdasarkan tempat
 - a) Pencemaran udara dalam ruang (indoor air pollution) yang disebut juga udara tidak bebas seperti di rumah, pabrik, bioskop, sekolah, rumah sakit, dan bangunan lainnya. Biasanya zat pencemarnya adalah asap rokok, asap yang terjadi di dapur tradisional ketika memasak dan lain-lain.
 - b) Pencemaran udara luar ruang (outdoor air pollution) yang disebut juga udara bebas seperti asap dari industri maupun kendaraan bermotor
2. Berdasarkan gangguan atau efeknya terhadap kesehatan
 - a) Irritansia, adalah zat pencemar yang dapat menimbulkan iritasi jaringan tubuh, seperti SO_2 , Ozon, dan Nitrogen Oksida.
 - b) Aspeksia, adalah keadaan dimana darah kekurangan oksigen dan tidak mampu melepas karbon dioksida. Gas penyebab tersebut seperti CO , H_2S , NH_3 , dan CH_4 .
 - c) Anestesia, adalah zat yang mempunyai efek membius dan biasanya merupakan pencemaran udara dalam ruang. Contohnya: Formaldehide dan Alkohol
 - d) Toksis, adalah zat pencemar yang menyebabkan keracunan. Zat penyebabnya seperti Timbal, Cadmium, Fluor, dan Insektisida.
3. Berdasarkan susunan kimia
 - a) Anorganik adalah zat pencemar yang tidak mengandung karbon seperti asbestos, ammonia, asam sulfat dan lain-lain.
 - b) Organik adalah zat pencemar yang mengandung karbon seperti pestisida.
4. Berdasarkan asalnya
 - a) Primer adalah suatu bahan kimia yang ditambahkan langsung ke udara yang menyebabkan konsentrasinya meningkat dan membahayakan. Contohnya: CO_2 , yang meningkat diatas konsentrasi normal.
 - b) Sekunder adalah senyawa kimia berbahaya yang timbul dari hasil reaksi

antara zat polutan primer dengan komponen alamiah. Contohnya: *Peroxy Acetil Nitrat* (PAN).

Ada tiga cara masuknya bahan pencemar udara ke dalam tubuh manusia yaitu melalui inhalasi, ingestasi dan penetrasi kulit. Inhalasi adalah masuknya bahan pencemar ke tubuh manusia melalui system pernapasan. Bahan pencemar ini dapat mengakibatkan gangguan pada paru – paru dan saluran pernapasan, selain itu bahan pencemar ini kemudian masuk ke peredaran darah dan menimbulkan akibat pada alat tubuh lain. Bahan pencemar udara yang berdiameter cukup besar tidak jarang masuk ke saluran pencernaan (ingestasi) ketika makan atau minum. Bahan pencemar yang masuk ke dalam pencernaan dapat menimbulkan efek lokal dan dapat pula menyebar ke seluruh tubuh melalui peredaran darah. Permukaan kulit dapat juga menjadi pintu masuk bahan pencemar dari udara, sebagian besar pencemar hanya menimbulkan akibat buruk pada bagian permukaan kulit seperti dermatitis dan alergi saja, tetapi sebagian lain khususnya pencemaran organik dapat melakukan penetrasi kulit dan menimbulkan efek sistemik.

Berikut pemaparan jenis gas pencemaran udara secara lebih rinci yaitu sebagai berikut:

1. Karbon Monoksida (CO)

Gas buang kendaraan bermotor merupakan sumber utama bagi karbon monoksida di berbagai perkotaan. Data mengungkapkan bahwa 60%-70% pencemaran udara di Indonesia disebabkan karena benda bergerak atau transportasi umum yang berbahan bakar solar terutama berasal dari Metromini. Formasi CO merupakan fungsi dari rasio kebutuhan udara dan bahan bakar dalam proses pembakaran di dalam ruang bakar mesin diesel. Percampuran yang baik antara udara dan bahan bakar terutama yang terjadi pada mesin-mesin yang menggunakan *Turbocharge* merupakan salah satu strategi untuk meminimalkan emisi CO. Karbon monoksida yang meningkat di berbagai perkotaan dapat mengakibatkan turunnya berat janin dan meningkatkan jumlah kematian bayi serta kerusakan otak. Karena itu strategi penurunan kadar karbon monoksida akan tergantung pada pengendalian emisi seperti penggunaan bahan katalis yang mengubah bahan karbon monoksida menjadi karbon dioksida dan penggunaan bahan bakar terbarukan yang rendah polusi bagi kendaraan bermotor.

2. Nitrogen Oksida (NOx)

Sampai tahun 2000 NOx yang berasal dari alat transportasi laut di Jepang

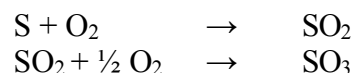
menyumbangkan 38% dari total emisi NO_x (25.000 ton/tahun). Gas NO_x terbentuk atas tiga fungsi yaitu ; Suhu (T), Waktu Reaksi (t), dan konsentrasi Oksigen (O₂), NO_x = f (T, t, O₂). Ada 3 teori yang mengemukakan terbentuknya NO_x, yaitu :

- a. Thermal NO_x (*Extended Zeldovich Mechanism*) : Proses ini disebabkan gas nitrogen yang beroksidasi pada suhu tinggi pada ruang bakar (>1800 K). Thermal NO_x ini didominasi oleh emisi NO (NO_x → NO + NO₂).
- b. Prompt NO_x : Formasi NO_x ini akan terbentuk cepat pada zona pembakaran.
- c. Fuel NO_x : NO_x formasi ini terbentuk karena kandungan N dalam bahan bakar.

Kira-kira 90% dari emisi NO_x adalah disebabkan proses thermal NO_x, dan tercatat bahwa dengan penggunaan HFO (*Heavy Fuel Oil*), bahan bakar yang biasa digunakan di kapal, menyumbangkan emisi NO_x sebesar 20-30%. Nitrogen oksida yang ada di udara yang dihirup oleh manusia dapat menyebabkan kerusakan paru-paru. Setelah bereaksi dengan atmosfer zat ini membentuk partikel-partikel nitrat yang amat halus yang dapat menembus bagian terdalam paru-paru. Selain itu zat oksida ini jika bereaksi dengan asap bensin yang tidak terbakar dengan sempurna dan zat hidrokarbon lain akan membentuk ozon rendah atau kabut berawan coklat kemerahan yang menyelimuti sebagian besar kota di dunia.

3. Sulfur Oxide (SO_x)

Emisi SO_x terbentuk dari fungsi kandungan sulfur dalam bahan bakar, selain itu kandungan sulfur dalam pelumas, juga menjadi penyebab terbentuknya Sox emisi. Struktur sulfur terbentuk pada ikatan *aromatic* dan *alkyl*. Dalam proses pembakaran sulfur dioxide dan sulfur trioxide terbentuk dari reaksi :



Kandungan SO₃ dalam SO_x sangat kecil sekali yaitu sekitar (1-5)%. Gas yang berbau tajam tapi tidak berwarna ini dapat menimbulkan serangan asma, gas ini pun apabila bereaksi di atmosfer akan membentuk zat asam. Badan kesehatan dunia (WHO) menyatakan bahwa tahun 1997-2003 jumlah sulfur dioksida di udara telah mencapai ambang batas

4. HydroCarbon (HC)

Emisi Hidrokarbon (HC) terbentuk dari bermacam-macam mesin yang merupakan sumber pencemar. Penyebabnya adalah karena tidak terbakarnya bahan bakar secara sempurna dan tidak terbakarnya minyak pelumas silinder. Emisi HC pada bahan bakar HFO yang biasa digunakan pada mesin-mesin diesel besar akan lebih sedikit jika dibandingkan dengan mesin diesel yang berbahan bakar Diesel Oil

(DO). Emisi HC ini berbentuk gas metan (CH_4). Jenis emisi ini dapat menyebabkan leukemia dan kanker.

5. Partikulat Matter (PM)

Partikel debu dalam emisi gas buang terdiri dari bermacam-macam komponen. Bukan hanya berbentuk padatan tapi juga berbentuk cairan yang mengendap dalam partikel debu. Pada proses pembakaran debu terbentuk dari pemecahan unsur hidrokarbon dan setelah proses oksidasi. Dalam debu tersebut terkandung debu sendiri dan beberapa kandungan metal oksida. Dalam kelanjutan proses ekspansi di atmosfer, kandungan metal dan debu tersebut membentuk partikulat. Beberapa unsur kandungan partikulat adalah karbon, SOF (*Soluble Organic Fraction*), debu, SO_4 , dan H_2O . Sebagian benda partikulat keluar dari cerobong pabrik sebagai asap hitam tebal, tetapi yang paling berbahaya adalah butiran-butiran halus sehingga dapat menembus bagian terdalam paru-paru. Diketahui juga bahwa di beberapa kota besar di dunia perubahan menjadi partikel sulfat di atmosfer banyak disebabkan karena proses oksida oleh molekul sulfur.

E. Dampak Pencemaran Udara

1) Dampak Pencemaran Udara Pada Kesehatan

Dari segi kesehatan, pencemaran udara dapat berakibat pada terganggunya kesehatan bagi manusia, diantaranya :

a. Menimbulkan Penyakit

Udara kotor yang dihasilkan itu ternyata mengandung zat-zat yang berbahaya, mulai dari zat-zat kimia, debu hingga membawa bibit-bibit penyakit. Penyakit yang dihasilkan atau disebabkan oleh adanya pencemaran udara ini, antara lain seperti sesak napas, asma, atau tidak menutup kemungkinan juga bisa menyebabkan terjadinya kanker.



Gambar 2.2 Dampak Pencemaran Udara Bagi Kesehatan Tubuh Manusia

b. Membuat Mata Merah dan Iritasi

Debu yang beterbangan ini bisa masuk ke dalam mata, sehingga bisa membuat mata menjadi merah dan mengganggu penglihatan kita. Sementara itu, untuk bisa menjaga mata agar tak terkena oleh adanya debu ataupun kotoran, di saat kita sedang melakukan perjalanan, sebaiknya untuk bisa mengenakan kacamata jalan dan setelah itu mencuci muka jika sudah sampai di tempat tujuan

c. Gatal dan Bersisik

Jika debu menempel pada kulit, maka bisa menimbulkan beberapa macam gejala, sehingga kulit menjadi terasa gatal dan juga bersisik. Usahakan, untuk tetap mandi secara teratur setiap hari, sehingga kulit tetap bersih, terawat dan sehat.

d. Iritasi pada Saluran Pernapasan

Dengan banyaknya debu-debu yang kotor dan kita hirup, tentu ini sangat tidak baik untuk kesehatan manusia. Jika hal ini terjadi secara terus-menerus, maka bisa menyebabkan pergerakan silia yang berubah menjadi lambat, bahkan tidak menutup kemungkinan bisa terhenti, sehingga tidak bisa membersihkan saluran pernapasan.

e. Gangguan pada Pernapasan

Udara kotor yang mengandung karbondioksida dan gas beracun lainnya memang sangat berbahaya bagi sistem pernapasan pada manusia. Udara kotor yang masuk ke dalam tubuh melalui saluran pernapasan ini juga bisa menyebabkan terjadinya infeksi saluran pernapasan akut, seperti contohnya asma dan juga bronkitis. Tidak menutup kemungkinan, apabila kita terkena udara yang tercemar secara terus-menerus, maka bisa berakibat sangat fatal, hingga ke kanker paru-paru.

f. Mengganggu Tumbuh Kembang Sang Anak

Di dalam udara kotor ada yang namanya kandungan timbal, yang apabila hingga masuk ke dalam saluran pernapasan anak, akan berdampak sangat berbahaya. Bisa menyebabkan terjadinya penghambatan terhadap pertumbuhan dan perkembangan si anak tersebut. Timbal bisa mengganggu sel-sel yang sedang tumbuh di dalam tubuh anak dan bisa menyebabkan anak terkena anemia. Memang, di masa pertumbuhan sel-sel darah merah terus diproduksi. Namun, karena masuknya timbal akan merusak sel darah merah, maka jumlahnya makin lama makin berkurang dan akhirnya anak menderita anemia. Timbal yang masuk ke dalam tubuh juga akan merusak sel-sel darah merah yang mestinya dikirim ke otak. Akibatnya, terjadilah gangguan pada otak. Hal yang paling dikhawatirkan, anak bisa mengalami gangguan kemampuan berpikir, daya tangkap lambat, dan tingkat IQ rendah. Dalam hal pertumbuhan fisik, keberadaan timbal ini akan berdampak pada beberapa gangguan, seperti keterlambatan pertumbuhan dan gangguan pendengaran pada frekuensi-frekuensi tertentu.

Pada orang dewasa, timbal dapat mempengaruhi sistem reproduksi atau kesuburan. Zat ini dapat mengurangi jumlah dan fungsi sperma sehingga menyebabkan kemandulan. Timbal juga mengganggu fungsi jantung, ginjal, dan menyebabkan penyakit stroke serta kanker. Ibu hamil akan menghadapi risiko yang tinggi jika kadar timbal dalam darahnya di ambang batas normal. Timbal ini akan menuju janin dan menghambat tumbuh-kembang otaknya. Risiko lain adalah ibu mengalami keguguran.

g. Mengurangi Jarak Pandang

Hal ini bisa terjadi jika asap atau polusi terjadi dengan tebal. Jika asap terjadi dengan tebal, maka bisa mengganggu penglihatan, yang secara otomatis bisa mengurangi jarak pandang. Jika jarak pandang berkurang, salah satu solusinya adalah berjalan lebih hati-hati atau lebih pelan-pelan untuk menghindari dari yang adanya tabrakan atau kecelakaan. Bahkan, tidak hanya kita sebagai manusia saja terganggu,

aktivitas bandara juga terganggu bahkan bisa menimbulkan delay terhadap beberapa keberangkatan.

h. Penyebab Utama Terjadinya Pemanasan Global

Pemanasan global atau akrab kita kenal dengan nama global warming ini bisa mengakibatkan terjadinya peningkatan suhu bumi, yang juga menimbulkan air laut yang ikut naik. Suhu bumi yang naik ini terjadi dikarenakan lapisan ozon bumi sudah rusak. Padahal, fungsi dari lapisan ozon ini berguna untuk menjaga suhu bumi, agar nantinya suhu bumi tidak terlalu panas dan juga tidak terlalu dingin. Lapisan ozon bisa dengan mudah rusak akibat pencemaran udara yang dihasilkan dari zat CFC atau klorofluorokarbon. Zat ini sendiri bisa dengan mudah kita temukan di kulkas, AC (air conditioner) hingga aerosol.

i. Gangguan pada Sistem Reproduksi

Tidak hanya saluran pernapasan dan tumbuh kembang sang anak saja yang bisa terganggu, pencemaran udara juga bisa mengganggu sistem reproduksi. Bahkan, tidak menutup kemungkinan juga, tak hanya sistem reproduksi yang terganggu, melainkan beberapa organ lain seperti ginjal dan jantung juga bisa terkena.

j. Tanaman Terganggu Hingga Mati

Tanaman atau tumbuhan memang sangat baik bagi kelangsungan makhluk hidup yang lain. Tanaman bisa menghasilkan oksigen, sehingga jika kita hidup di dataran tinggi atau pegunungan, akan terasa sejuknya karena polusi udara di sana juga belum begitu banyak. Akan tetapi, dengan adanya polusi udara atau pencemaran udara, tanaman juga bisa terserang penyakit. Penyakit itu mulai dari bintik hitam, klorosis, nekrosis dan beberapa penyakit lain.

2) Dampak Pencemaran Udara Terhadap Lingkungan

Selain merugikan kesehatan manusia, pencemaran udara dapat menyebabkan berbagai efek terhadap lingkungan, yaitu:

1. Hujan Asam

Hujan asam adalah hujan yang mengandung asam nitrat dan asam sulfat yang berbahaya. Asam ini dibentuk terutama oleh nitrogen oksida dan sulfur oksida yang dilepaskan ke atmosfer ketika bahan bakar fosil dibakar. Asam jatuh ke bumi baik sebagai curah hujan basah (hujan, salju, atau kabut) atau curah hujan kering (gas dan partikulat). Beberapa dibawa oleh angin, kadang-kadang hingga ratusan mil. Di lingkungan, hujan asam merusak pohon dan menyebabkan tanah dan badan air menjadi asam, membuat air tidak cocok untuk beberapa ikan dan satwa liar lainnya. Hal ini juga mempercepat peluruhan bangunan dan patung.

2. Eutrofikasi

Suatu kondisi dalam tubuh air di mana konsentrasi nutrisi (seperti nitrogen) tinggi yang merangsang pertumbuhan alga, yang dapat menyebabkan ikan mati dan hilangnya tumbuhan dan satwa. Meskipun eutrofikasi adalah proses alami dalam danau tua dan beberapa muara, aktivitas manusia dapat sangat mempercepat eutrofikasi dengan meningkatkan jumlah nutrisi yang memasuki ekosistem perairan. Emisi nitrogen oksida dari pembangkit listrik, mobil, truk, dan sumber-sumber lain berkontribusi terhadap jumlah nitrogen memasuki ekosistem perairan.

3. Haze

Disebabkan ketika sinar matahari bertemu partikulat kecil pencemar di udara. Haze mengaburkan kejelasan, warna, tekstur, dan bentuk apa yang kita lihat. Beberapa pencemar penyebab haze (sebagian besar partikel sangat kecil) secara langsung dipancarkan ke atmosfer oleh sumber seperti pembangkit listrik, fasilitas industri, truk dan mobil, dan kegiatan konstruksi. Selain itu terbentuk saat gas dipancarkan ke udara (seperti sulfur dioksida dan nitrogen oksida) membentuk partikulat.

4. Penipisan ozon

Ozon adalah gas yang terjadi baik di dasar- dan di bagian atas atmosfer bumi, yang dikenal sebagai stratosfer. Pada tingkat dasar, ozon merupakan pencemar yang dapat membahayakan kesehatan manusia. Di stratosfer, ozon membentuk lapisan yang melindungi kehidupan di bumi dari sinar ultraviolet matahari yang berbahaya. Namun ozon “baik” ini “baik” secara bertahap dihancurkan oleh bahan kimia buatan manusia yang disebut sebagai perusak ozon, termasuk *chlorofluorocarbon*, *hydrochlorofluorocarbons*, dan *halons*. Zat-zat ini sebelumnya digunakan dan kadangkala masih digunakan dalam pendingin, agenfoaming, alat pemadam kebakaran, pelarut, pestisida, dan propelan aerosol. Penipisan lapisan ozon pelindung dapat menyebabkan peningkatan jumlah radiasi UV mencapai bumi, yang dapat menyebabkan lebih banyak kasus kanker kulit, katarak, dan sistem kekebalan tubuh terganggu. UV juga dapat merusak tanaman sensitif, seperti kacang kedelai, dan mengurangi hasil panen.

5. Perubahan iklim global

Atmosfer bumi mengandung keseimbangan alami gas yang menahan sebagian panas matahari dekat permukaan bumi. "efek rumah kaca" ini menjaga kestabilan temperature bumi. Sayangnya, bukti menunjukkan bahwa manusia telah mengganggu keseimbangan alami dengan memproduksi beberapa gas rumah kaca dalam jumlah besar dari, termasuk karbon dioksida dan metana. Akibatnya, atmosfer bumi menahan lebih banyak panas matahari, menyebabkan temperatur rata-rata bumi meningkat - sebuah fenomena yang dikenal sebagai pemanasan global. Banyak ilmuwan percaya bahwa pemanasan global dapat memiliki dampak signifikan pada kesehatan manusia, pertanian, sumber daya air, hutan, satwa liar, dan daerah pesisir.

Contoh Soal 2.3 : Sebutkan contoh pencemaran udara yang kamu ketahui!

Jawab : Sumber pencemaran dapat merupakan kegiatan yang bersifat alami dan kegiatan antropogenik. Contoh sumber alami adalah akibat letusan gunung berapi, kebakaran hutan, dekomposisi biotik, debu, spora tumbuhan dan lain sebagainya. Pencemaran akibat kegiatan manusia secara kuantitatif sering lebih besar, misalnya sumber pencemar akibat aktivitas transportasi, industri, persampahan baik akibat proses dekomposisi ataupun pembakaran dan rumah tangga.

Contoh Soal 2.4 : Apa yang dimaksud dengan Inhalasi?

Jawab : Inhalasi adalah masuknya bahan pencemar ke tubuh manusia melalui system pernapasan.

PENUGASAN KELAS

1. Bentuklah kelompok kecil dan diskusikanlah tentang pencemaran udara yang sering terjadi dilingkungan sekitar Anda
2. Diskusikanlah dalam kelompok kecil faktor penyebab pencemaran udara dan dampak pencemaran udara dalam kehidupan sehari-hari

RANGKUMAN

1. Pencemaran udara merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang serius di Indonesia saat ini, sejalan dengan semakin meningkatnya jumlah kendaraan bermotor dan peningkatan ekonomi transportasi.
2. Sumber Pencemaran Udara:
Sumber pencemaran dapat merupakan kegiatan yang bersifat alami dan kegiatan antropogenik.
3. Tingkatan Pencemaran Udara
 - Pencemaran tingkat pertama; yaitu pencemaran yang tidak menimbulkan kerugian bagi manusia
 - Pencemaran tingkat kedua; yaitu pencemaran yang mulai menimbulkan kerugian bagi manusia seperti terjadinya iritasi pada indra kita
 - Pencemaran tingkat ketiga; yaitu pencemaran yang sudah dapat bereaksi pada faal tubuh dan menyebabkan terjadinya penyakit yang kronis
 - Pencemaran tingkat keempat; yaitu pencemaran yang telah menimbulkan sakit akut dan kematian bagi manusia maupun hewan dan tumbuh-tumbuhan
4. Jenis Pencemaran Udara
 - a) Berdasarkan tempat
 - Pencemaran udara dalam ruang (indoor air pollution)
 - Pencemaran udara luar ruang (outdoor air pollution)
 - b) Berdasarkan gangguan atau efeknya terhadap kesehatan
 - Irritansia
 - Aspeksia
 - Anestesia
 - Toksis
 - c) Berdasarkan susunan kimia
 - Anorganik
 - Organik
 - d) Berdasarkan asalnya
 - Primer
 - Sekunder
6. Dampak Pencemaran Udara
 - 1) Dampak Pencemaran Udara Pada Kesehatan
 - Menimbulkan Penyakit

- Membuat Mata Merah dan Iritas
 - Gatal dan Bersisik
 - Iritasi pada Saluran Pernapasan
 - Gangguan pada Pernapasan
 - Mengganggu Tumbuh Kembang Sang Anak
 - Mengurangi Jarak Pandang
- 2) Dampak Pencemaran Udara Pada Lingkungan
- Hujan Asam
 - Eutrofikasi
 - *Haze*
 - Penipisan ozon

EVALUASI FORMATIF 2

1. Apa yang dimaksud dengan pencemaran udara?
2. Sebutkan dan jelaskan 2 sumber pencemaran udara beserta contohnya!
3. Sebutkan dan jelaskan jenis pencemaran udara berdasarkan gangguan atau efeknya terhadap kesehatan!
4. Apa yang dimaksud dengan Formasi CO?
5. Apa penyebab utama terjadinya pemanasan global?
6. Sebutkan minimal 2 dampak pencemaran udara pada lingkungan!
7. Apa faktor pencemar penyebab haze?

KUNCI JAWABAN

1. Pencemaran udara adalah masuknya atau tercampurnya unsur-unsur berbahaya ke dalam atmosfer yang dapat mengakibatkan terjadinya kerusakan lingkungan sehingga menurunkan kualitas lingkungan.
2. Sumber pencemaran dapat merupakan kegiatan yang bersifat alami dan kegiatan antropogenik. Contoh sumber alami adalah akibat letusan gunung berapi, kebakaran hutan, dekomposisi biotik, debu, spora tumbuhan dan lain sebagainya. Pencemaran akibat kegiatan manusia secara kuantitatif sering lebih besar, misalnya sumber pencemar akibat aktivitas transportasi, industri, persampahan baik akibat proses dekomposisi ataupun pembakaran dan rumah tangga.
3. Berikut jenis pencemaran udara berdasarkan gangguan atau efeknya terhadap kesehatan:

- Irritansia, adalah zat pencemar yang dapat menimbulkan iritasi jaringan tubuh, seperti SO₂, Ozon, dan Nitrogen Oksida.
 - Aspeksia, adalah keadaan dimana darah kekurangan oksigen dan tidak mampu melepas karbon dioksida. Gas penyebab tersebut seperti CO, H₂S, NH₃, dan CH₄.
 - Anestesia, adalah zat yang mempunyai efek membius dan biasanya merupakan pencemaran udara dalam ruang. Contohnya: Formaldehide dan Alkohol
 - Toksis, adalah zat pencemar yang menyebabkan keracunan. Zat penyebabnya seperti Timbal, Cadmium, Fluor, dan Insektisida.
4. Formasi CO merupakan fungsi dari rasio kebutuhan udara dan bahan bakar dalam proses pembakaran di dalam ruang bakar mesin diesel.
5. Penyebab utama terjadinya pemanasan global yaitu:
Suhu bumi yang naik ini terjadi dikarenakan lapisan ozon bumi sudah rusak. Padahal, fungsi dari lapisan ozon ini berguna untuk menjaga suhu bumi, agar nantinya suhu bumi tidak terlalu panas dan juga tidak terlalu dingin. Lapisan ozon bisa dengan mudah rusak akibat pencemaran udara yang dihasilkan dari zat CFC atau klorofluorkarbon. Zat ini sendiri bisa dengan mudah kita temukan di kulkas, AC (air conditioner) hingga aerosol.
6. Berikut 2 dampak pencemaran udara terhadap lingkungan:
- Hujan Asam
 - Eutrofikasi
7. Beberapa pencemar penyebab haze (sebagian besar partikel sangat kecil) secara langsung dipancarkan ke atmosfer oleh sumber seperti pembangkit listrik, fasilitas industri, truk dan mobil, dan kegiatan konstruksi. Selain itu terbentuk saat gas dipancarkan ke udara (seperti sulfur dioksida dan nitrogen oksida) membentuk partikulat.

Lembar Kerja Praktek 2

Kegiatan Pembelajaran 3: Analisis Pengukuran Pencemaran Udara

KEMAMPUAN AKHIR YANG DIHARAPKAN

1. Mahasiswa mengetahui indeks pencemaran udara
2. Mahasiswa mampu mengetahui bagaimana cara menganalisis tingkat pencemaran udara

URAIAN MATERI

A. Baku Mutu Udara dan Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU)

Kualitas udara pada umumnya dinilai dari konsentrasi parameter pencemaran udara yang terukur lebih tinggi atau lebih rendah dari nilai Baku Mutu Udara Ambien Nasional. Baku mutu udara adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemaran udara yang dapat ambien. Udara ambien adalah udara bebas di permukaan bumi pada lapisan troposfer (lapisan udara setebal 16 km dari permukaan bumi) yang berada di dalam wilayah yurisdiksi Republik Indonesia yang dibutuhkan dan mempengaruhi kesehatan manusia, makhluk hidup dan unsur lingkungan hidup lainnya. Baku mutu udara ambien nasional ditetapkan sebagai batas maksimum mutu udara ambien untuk mencegah terjadinya pencemaran udara sebagaimana terlampir dalam PP No 41 Tahun 1999. Pemerintah menetapkan Baku Mutu Udara Ambien Nasional untuk melindungi kesehatan dan kenyamanan masyarakat. Baku Mutu Udara Ambien Nasional dilihat pada Tabel 2.2.

No	Parameter	Waktu	Baku Mutu
1	Aersol (PM ₁₀)	24 Jam	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
2	Karbondioksida (CO)	1 Jam	3000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
		24 Jam	10.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
3	Ozon (O ₃)	1 Jam	235 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
		1 Tahun	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
4	Sulfurdioksida (SO ₂)	24 Jam	365 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
		1 tahun	80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

5	Nitrogendioksida(NO ₂)	1 Jam	0,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
		1 tahun	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Saat ini Indeks standar kualitas udara yang dipergunakan secara resmi di Indonesia adalah Indek Standar Pencemar Udara (ISPU), hal ini sesuai dengan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor : KEP 45 / MENLH / 1997 Tentang Indeks Standar Pencemar Udara. Dalam keputusan tersebut yang dipergunakan sebagai bahan pertimbangan diantaranya : bahwa untuk memberikan kemudahan dari keseragaman informasi kualitas udara ambien kepada masyarakat di lokasi dan waktu tertentu serta sebagai bahan pertimbangan dalam melakukan upaya-upaya pengendalian pencemaran udara perlu disusun Indeks Standar Pencemar Udara. Indeks Standar Pencemar Udara adalah angka yang tidak mempunyai satuan yang menggambarkan kondisi kualitas udara ambien di lokasi dan waktu tertentu yang didasarkan kepada dampak terhadap kesehatan manusia, nilai estetika dan makhluk hidup lainnya. Indeks Standar Pencemar Udara ditetapkan dengan cara mengubah kadar pencemar udara yang terukur menjadi suatu angka yang tidak berdimensi. Rentang Indeks Standar Pencemar Udara dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3. Rentang Indeks Standar Pencemar Udara

KATERGORI	RENTANG	Warna	PENJELASAN
Baik	0-50		Tingkat kualitas udara yang tidak memberikan efek bagi kesehatan manusia atau hewan dan tidak berpengaruh pada tumbuhan, bangunan, atau nilai estetika.
Sedang	51-100		Tingkat kualitas udara yang tidak berpengaruh pada kesehatan manusia ataupun hewan tetapi berpengaruh pada tumbuhan yang sensitif, dan nilai estetika.

Tidak Sehat	101-199		Tingkat kualitas udara yang bersifat merugikan pada manusia ataupun kelompok hewan yang sensitif atau bisa menimbulkan kerusakan pada tumbuhan ataupun nilai estetika.
Sangat Tidak Sehat	200-299		Tingkat kualitas udara yang dapat merugikan kesehatan pada sejumlah segmen populasi yang terpapar.
Berbahaya	300 - 500		Tingkat kualitas udara berbahaya yang secara umum dapat merugikan kesehatan yang serius.

Data Indeks Standar Pencemar Udara diperoleh dari pengoperasian Stasiun Pemantauan Kualitas Udara Ambien Otomatis. Sedangkan Parameter Indeks Standar Pencemar Udara meliputi :

- a. Partikulat (PM₁₀)
- b. Karbondioksida (CO)
- c. Sulfur dioksida (SO₂).
- d. Nitrogen dioksida (NO₂).
- e. Ozon (O₃)

Perhitungan dan pelaporan serta informasi Indeks Standar Pencemar Udara ditetapkan oleh Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan, yaitu Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan No. 107 Tahun 1997 Tanggal 21 November 1997. Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan, memuat diantaranya adalah : Parameter-Parameter Dasar Untuk Indeks Standar Pencemar Udara (Ispu) Dan Periode Waktu Pengukuran, selengkapnya dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.4 Parameter-parameter Dasar untuk Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU)

No	PARAMETER	WAKTU PENGUKURAN
1	Partikulat (PM ₁₀)	24 Jam (Periode pengukuran rata-rata)
2	Sulfur Dioksida (SO ₂)	24 Jam (Periode pengukuran rata-rata)
3	Carbon Monoksida (CO)	8 Jam (Periode pengukuran rata-rata)
4	Ozon (O ₃)	1 Jam (Periode pengukuran rata-rata)
5	Nitrogen Dioksida (NO ₂)	Jam (Periode pengukuran rata-rata)

B. Pengukuran Parameter Meteorologi Permukaan (Tekanan Udara dan Temperatur Udara)

Parameter meteorologi permukaan seperti radiasi matahari global, curah hujan, kelembaban relatif udara, temperatur udara permukaan, tekanan udara, kecepatan angin, dan arah angin diukur dengan menggunakan instrument *Meteorological Automatic Weather Station (MAWS)*-Vaisala. MAWS merupakan stasiun cuaca mini dan dipasang dengan menggunakan tripod portable.

1. Pengukuran parameter gas (CO, NO₂, SO₂, dan O₃)

a) Pengukuran Karbonmonoksida (CO)

Pengukuran karbonmonoksida diperoleh dari instrumen HORIBA APMA360 *CO Analyzer*. Instrumen ini beroperasi menggunakan metode *Non-Dispersive Infra Red (NDIR) Spectroscopy*. Konsentrasi CO dihitung berdasarkan kompensasi pengurangan intensitas cahaya berdasarkan prinsip Beer-Lambert. Detail mengenai metode pengukuran dapat dilihat pada publikasi lain. Resolusi data yang dihasilkan kemudian diolah menjadi agregat per-jam untuk diproses lebih lanjut sesuai dengan keperluan perhitungan nilai ISPU. Keluaran data konsentrasi CO memiliki satuan ppb.

b) Pengukuran Nitrogendioksida (NO₂)

Pengukuran gas NO₂ dilakukan instrument TS42i-*Trace Level*. Instrumen ini diperuntukkan untuk monitoring gas NO, NO₂, NO_x di daerah terpencil, sesuai dengan istilah nama *Trace Level* pada nama instrumen, nilai konsentrasi gas terukur dinyatakan sebagai *mixing ratio* atau fraksi mol dalam orde ppb (*part perbillion*). Prinsip kerja instrumen ini *Chemiluminescent*. Data gas NO₂ merupakan data dengan resolusi 5 (lima) menit, kemudian diolah data ini kemudian diolah menjadi agregat harian. Data mentah diambil dari instrumen menggunakan *software iport* dengan kabel RS232. Instrumen ini dilengkapi dengan sistem kalibrasi (*Dynamic Gas*

Calibrator TS146i dan *Zero Air Supply TS111*) serta gas standar NO₂ untuk menjamin kualitas peralatan dan data yang dihasilkan.

c) Pengukuran Sulfurdioksida (SO₂)

Pengukuran gas SO₂ dengan metode UV Fluoresense menggunakan instrumen TS43i. Instrumen mencatat konsentrasi gas SO₂ dengan resolusi waktu setiap beberapa puluh detik namun dicatat sebagai rawdata dengan rata-rata 5 menit. Inlet berada kurang lebih 3-4 meter dari permukaan tanah. Inlet udara menggunakan bahan dari polietilen dengan pertimbangan bersifat inert atau tidak bereaksi dengan sampel yang dianalisa. dan untuk menghilangkan uap air dari udara ambien dipasang pengering berupa rubin gel. Prinsip kerja instrumen yang menggunakan metode UV Fluoresense adalah udara yang mengandung gas SO₂ ditarik menggunakan pompa kemudian dibawa ke dalam ruangan pengukuran. Sumber cahaya digunakan sinar ultraviolet dengan panjang gelombang 320-380 nm. Saat di dalam ruangan pengukuran sampel gas SO₂ akan dikenai dengan sinar ultraviolet tersebut. Selanjutnya SO₂ akan mengalami eksitasi. Saat SO₂ yang tereksitasi kembali keadaan dasar (*ground state*) akan memancarkan sinar, proses memancarkan sinar ini disebut dengan *fluoresense*. Besarnya fluoresense akan diukur dengan bagian instrumen disebut photomultiplier (Speidela, 2007.). Besarnya konsentrasi gas SO₂ sebanding dengan besarnya sinar yang diukur oleh *photomultiplier*. Instrumen ini dilengkapi dengan sistem kalibrasi (*Dynamic Gas Calibrator TS146i* dan *Zero Air Supply TS111*) serta gas standar SO₂ untuk menjamin kualitas peralatan dan data yang dihasilkan.

d) Pengukuran Ozon permukaan (O₃)

Pengukuran ozon permukaan (O₃) dilakukan dengan menggunakan instrument TEI Tipe 49C *Ozone Analyzer*. Detail mengenai metode pengukuran dan hasil pengukuran beserta koreksinya ini dapat dilihat pada publikasi lain (Klausen et al., 2003; Mairisdawenti, 2014). Resolusi data dibuat menjadi agregat per-jam untuk selanjutnya diproses sesuai dengan keperluan perhitungan nilai ISPU, keluaran data konsentrasi O₃ memiliki satuan *parts per-billion (ppb)*.

2) Pengukuran Parameter Partikulat (PM₁₀)

Pengukuran PM₁₀ diukur dengan menggunakan instrumen BAM1020. Instrumen ini bekerja berdasarkan prinsip pelemahan partikel sinar beta yang melalui materi padatan yang dikumpulkan dalam pita filter yang terbuat dari fiber. Materi padatan yang terkumpul dalam filter fiber tidak lain adalah PM₁₀ dalam satu volume udara ambien yang dihisap oleh pompa. Konsentrasi PM₁₀ juga ditentukan dari kompensasi

pengurangan intensitas cahaya berdasarkan prinsip Beer-Lambert. Konsentrasi PM₁₀ yang terukur disimpan di dalam data logger dan dapat ditampilkan pada layar monitor PC melalui koneksi serial RS-232. Data konsentrasi PM₁₀ yang dihasilkan memiliki satuan $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dalam resolusi perjam.

3) Perhitungan nilai ISPU

Konsentrasi yang digunakan dalam perhitungan ISPU adalah $\mu\text{g}/\text{m}^3$, konsentrasi PM₁₀ sudah dalam satuan $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sedangkan konsentrasi instrument O₃, CO, NO₂ dan SO₂ dalam ppb, sehingga data tersebut harus dikonversi terlebih dahulu ke $\mu\text{g}/\text{m}^3$ menggunakan persamaan:

$$\mu\text{g} \left| \begin{array}{l} \\ \text{m}^3 \end{array} \right| = \frac{p \times M_r}{R \times T} \times \frac{\text{ppb}}{1000} \dots\dots\dots 2.1$$

dengan:

p = tekanan udara (Pascal)

Mr = massa molekul relatif (g/mol)

R = konstanta gas ideal ($8.314 \text{ N m mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$)

T = temperatur udara (Kelvin)

Untuk persamaan ini, nilai tekanan udara (p) dan temperatur udara (T) digunakan pada kondisi STP (temperatur udara 25 C=293K dan tekanan udara 1 atm). Koreksi tersebut dihitung dengan persamaan berikut:

$$X_1 = \frac{T_o}{T_1} \times \frac{P_1}{P_o} \times X_o \dots\dots\dots 2.2$$

dengan:

X₀ = konsentrasi awal

X₁ = konsentrasi terkoreksi

T₀ = temperatur udara STP (K)

T₁ = temperatur udara rata-rata (K)

P₀ = tekanan udara STP (Pa)

P₁ = tekanan udara rata-rata (Pa)

Contoh Soal 2.5: Apa yang dimaksud dengan udara ambien?

Jawab : Udara ambien adalah udara bebas di permukaan bumi pada lapisan troposfer (lapisan udara setebal 16 km dari permukaan bumi) yang berada di dalam wilayah yurisdiksi Republik Indonesia yang dibutuhkan dan mempengaruhi kesehatan manusia, makhluk hidup dan unsur lingkungan hidup lainnya.

Contoh Soal 2.6: Apa yang kamu ketahui tentang Indeks Standar Pencemar Udara atau ISPU?

Jawab : Indeks Standar Pencemar Udara adalah angka yang tidak mempunyai satuan yang menggambarkan kondisi kualitas udara ambien di lokasi dan waktu tertentu yang didasarkan kepada dampak terhadap kesehatan manusia, nilai estetika dan makhluk hidup lainnya.

PENUGASAN KELAS

1. Bentuklah kelompok kecil dan diskusikanlah tentang indeks pencemaran udara
2. Diskusikanlah dalam kelompok kecil bagaimana menganalisis pengukuran tingkat pencemaran udara

RANGKUMAN

1. Baku mutu udara adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemaran udara yang dapat ambien.
2. Indeks Standar Pencemar Udara adalah angka yang tidak mempunyai satuan yang menggambarkan kondisi kualitas udara ambien di lokasi dan waktu tertentu yang didasarkan kepada dampak terhadap kesehatan manusia, nilai estetika dan makhluk hidup lainnya.
3. Angka, warna dan kategori indeks standar pencemar udara (ISPU)

Angka	Warna	Kategori
0-50		Baik
51-100		Sedang
101-199		Tidak Sehat
200-299		Sangat Tidak Sehat
300-500		Berbahaya

4. Pengukuran Parameter Meteorologi Permukaan (Tekanan Udara dan Temperatur Udara)

- Pengukuran parameter gas (CO, NO₂, SO₂, dan O₃)
- Pengukuran Parameter Partikulat (PM₁₀)
- Perhitungan nilai ISPU

5. Perhitungan nilai ISPU dengan persamaan sebagai ber

$$\mu g \left|_3 = \frac{pxMr}{R_x T} x \frac{ppb}{1000} \dots\dots\dots 2.1$$

$$X_1 = \frac{T_o}{T_1} x \frac{P_1}{P_o} x X_o \dots\dots\dots 2.2$$

EVALUASI FORMATIF 3

1. Apa yang dimaksud dengan Indeks Standar Pencemar Udara?
2. Apa arti dari angka 200-299 pada Kategori Indeks Standar Pencemar Udara?
3. Sebutkan contoh Indeks Standar Pencemar Udara!
4. Bagaimana pengukuran Ozon permukaan (O₃)?
5. Apa arti warna hitam pada Kategori Indeks Standar Pencemar Udara?

KUNCI JAWABAN

1. Indeks Standar Pencemar Udara adalah angka yang tidak mempunyai satuan yang menggambarkan kondisi kualitas udara ambien di lokasi dan waktu tertentu yang didasarkan kepada dampak terhadap kesehatan manusia, nilai estetika dan makhluk hidup lainnya.
2. Sangat Tidak Sehat
3. Sedangkan parameter Indeks Standar Pencemar Udara meliputi:
 - a. Partikulat (PM₁₀)
 - b. Karbondioksida (CO)
 - c. Sulfur dioksida (SO₂).
 - d. Nitrogen dioksida (NO₂).
 - e. Ozon (O₃)
4. Pengukuran ozon permukaan (O₃) dilakukan dengan menggunakan instrument TEI Tipe 49C *Ozone Analyzer*.

5. Tingkat kualitas udara berbahaya yang secara umum dapat

Lembar Kerja Praktek 3

Kegiatan Pembelajaran 4: Analisis Penanggulangan Pencemaran Udara

KEMAMPUAN AKHIR YANG DIHARAPKAN

1. Mahasiswa memiliki pengertian tentang penanggulangan pencemaran udara
2. Mahasiswa mampu mengetahui bagaimana cara penanggulangan pencemaran udara dalam kehidupan sehari-hari

URAIAN MATERI

A. Pengertian dan Tujuan Pengendalian

Pengendalian atau pengawasan (*controlling*) adalah bagian akhir dari fungsi manajemen. Fungsi manajemen yang dikendalikan adalah perencanaan, pengorganisasian, pengarahan dan pengendalian. Pengendalian ialah proses pemantauan, penilaian dan pelaporan rencana atas pencapaian tujuan yang telah ditetapkan untuk tindakan korektif guna penyempurnaan lebih lanjut. Beda pengendalian dengan pengawasan adalah pada wewenang dari pengembangan kedua istilah tersebut. Pengendalian memiliki wewenang turun tangan yang tidak dimiliki oleh pengawas. Pengawas hanya sebatas memberi saran, sedangkan tindak lanjutnya dilakukan oleh pengendali.

A. Pengendalian Pencemaran Udara

Pencemaran udara menurut Peraturan Pemerintah RI nomor 41 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dari komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya. Pencemaran udara terjadi jika kadar zat berbahaya dalam udara telah melewati batas baku lingkungan, dimana dalam Baku Mutu Lingkungan dalam Undang- Undang No.32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup pada Pasal 20 ayat (2) huruf d termasuk baku mutu udara ambien. Baku mutu udara ambien secara nasional ditetapkan dengan MENLH, sedangkan di daerah ditetapkan gubernur. Baku mutu emisi sumber tidak bergerak dan ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor, ditetapkan Kepala Instansi yang bertanggungjawab di bidang pengelolaan

lingkungan. Perlindungan mutu udara ambien didasarkan pada baku mutu udara ambien, status mutu udara ambien, baku mutu emisi, ambang batas emisi gas buang, baku tingkat gangguan, ambang batas kebisingan dan Indeks Standar Pencemar Udara. Pengendalian pencemaran udara meliputi pencegahan dan penanggulangan pencemaran, serta pemulihan mutu udara dengan melakukan inventarisasi mutu udara ambien, pencegahan sumber pencemar, baik dari sumber bergerak maupun sumber tidak bergerak termasuk sumber gangguan serta penanggulangan keadaan darurat. Pengendalian pencemaran udara yang dimana telah diatur oleh PP No.41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara telah menetapkan bahwa Baku mutu emisi sumber tidak bergerak dan ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor ditetapkan dengan mempertimbangkan parameter dominan dan kritis, kualitas bahan bakar dan bahan baku, serta teknologi yang ada sesuai dengan Pasal 8 ayat (2). Dalam perkembangannya, pencemaran udara yang mencapai 80% disebabkan oleh pembuangan zat emisi gas buang kendaraan bermotor, diketahui disebabkan oleh zat pembuangan kendaraan pada tipe kendaraan lama. Tipe kendaraan lama menyumbang banyak emisi gas buang yang mencemari udara dikarenakan mesin tipe lama yang belum ramah lingkungan. Untuk mengendalikan pencemaran udara yang disebabkan oleh zat pembuangan emisi gas buang kendaraan lama, pemerintah telah menetapkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2006 Tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Lama.

a) Teknik Pengendalian Pencemaran Udara yang Diakibatkan oleh Partikel

1. Penelitian dan pemantauan

Pengendalian pengelolaan perlu mempertimbangkan keserasian antara faktor sumber emisi, dampak, kondisi sosial, ekonomi, dan politik serta melakukan pengukuran lapangan sesuai dengan kondisi. Langkah pertama, dalam pengelolaan pencemaran udara adalah dengan melakukan pengkajian/identifikasi mengenal macam sumber, model dan pola penyebaran serta pengaruhnya / dampaknya. Sumber pencemaran udara yang sering dikenal dengan sumber emisi adalah tempat dimana pencemaran udara mulai dipancarkan keudara. Studi mengenai kondisi fisik sumber (tinggi cerobong, bentuk, lubang pengeluaran dan besarnya emisi) , kondisi awal kualitas udara setempat (latar belakang), kondisi meteorologi dan topografi. Studi dampak pencemaran udara dilakukan terhadap kesehatan manusia, hewan dan tumbuhan , material, estetika dan terhadap kemungkinan adanya perubahan iklim setempat (lokal) maupun regional. Langkah selanjutnya adalah mengetahui dan

mengkomonikasikan tentang pentingnya pengelolaan pencemaran udara dengan mempertimbangkan keadaan sosial lingkungannya, yang berhubungan dengan demografi, kondisi sosial ekonomi, sosial budaya dan psikologis serta pertimbangan ekonomi. Juga perlunya dukungan politik, baik dari segi hukum, peraturan, kebijakan maupun administrasi untuk melindungi pelaksanaan pemantauan, pengendalian dan pengawasan.

B. Penanggulangan Pencemaran Udara

Usaha untuk mengurangi dan menanggulangi pencemaran tersebut ada 2 macam cara utama, yakni :

a) Penanggulangan Secara Non-teknis

Dalam usaha mengurangi dan menanggulangi pencemaran lingkungan dikenal istilah penanggulangan secara non-teknis, adalah suatu usaha untuk mengurangi dan menanggulangi pencemaran lingkungan dengan cara menciptakan peraturan perundangan yang dapat merencanakan, mengatur dan mengawasi segala macam bentuk kegiatan industri dan teknologi sedemikian rupa sehingga tidak terjadi pencemaran lingkungan. Peraturan perundangan yang dimaksudkan hendaknya dapat memberikan gambaran secara jelas tentang kegiatan industri dan teknologi yang akan dilaksanakan disuatu tempat yang antara lain meliputi :

- 1) Penyajian Informasi Lingkungan (PIL)
 - 2) Analisa Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL)
 - 3) Perencanaan Kawasan Kegiatan Industri dan Teknologi
 - 4) Pengaturan dan Pengawasan Kegiatan
 - 5) Menanamkan Perilaku Disiplin
- #### **b) Penanggulangan Secara Teknik**

Apabila berdasarkan kajian Analisa Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL) ternyata bisa diduga bahwa mungkin akan timbul pencemaran lingkungan, maka langkah berikutnya adalah memikirkan penanggulangan secara teknis. Banyak macam dan cara yang dapat ditempuh dalam penanggulangan secara teknis. Adapun kriteria yang digunakan dalam penanggulangan secara teknis tergantung pada faktor berikut :

- 1) Mengutamakan keselamatan lingkungan
- 2) Teknologinya telah dikuasai dengan baik
- 3) Secara teknis dan ekonomis dapat dipertanggung-jawabkan

Berdasarkan kriteria tersebut diatas diperoleh beberapa cara dalam hal penanggulangan secara teknis, antara lain adalah sebagai berikut :

- 1) Mengubah proses
- 2) Menggantikan sumber energi
- 3) Mengelola limbah
- 4) Menambah alat bantu

C. Pencegahan Pencemaran Lingkungan

Pencemaran udara berasal dari berbagai sumber, diantaranya industri dan transportasi. Karena itu, pencemaran udara lebih terasa di perkotaan tempat kedua kegiatan tersebut berlangsung.

Udara yang telah tercemar mengandung berbagai unsur yang dapat mengganggu kesehatan manusia juga tumbuhan dan hewan. Jika dibiarkan terus berlangsung dalam jangka waktu lama, kesehatan manusia akan terus menurun dan menimbulkan berbagai penyakit yang berujung pada kematian.

Berdasarkan hal tersebut, maka diperlukan upaya untuk mengendalikan pencemaran udara. Upaya tersebut dapat dikelompokkan menjadi upaya pencegahan dan upaya penanganan. Upaya pencegahan dapat dilakukan dengan cara:

1. Mengurangi penggunaan kendaraan bermotor
2. Mengganti sumber energi yang ramah lingkungan
3. Menggunakan kendaraan yang hemat energi
4. Mengurangi konsumsi produk dari pabrik yang menimbulkan pencemaran udara

Selain upaya pencegahan, pencemaran udara juga dapat ditanggulangi dengan menggunakan atau menambah alat bantu. Di pabrik dapat dipasang alat bantu berupa filter udara, pengendap silikon, filter basah, pengendap sistem gravitasi dan pengendap elektrostatik.

1. Filter Udara

Filter udara adalah untuk menangkap debu atau partikel yang ikut keluar dari cerobong asap atau stock, sehingga udara yang keluar dari cerobong asap merupakan udara yang bersih.

2. Pengendap Silikon

Pengendap silikon merupakan pengendap debu yang ikut dalam gas buangan atau udara dalam ruang pabrik yang berdebu. Prinsip kerjanya adalah pemanfaatan gaya sentrifugal dari udara atau gas buangan yang sengaja dihembuskan melalui tepi dinding tabung silikon, sehingga partikel yang relative berat jatuh kebawah.

3. Filter Basah

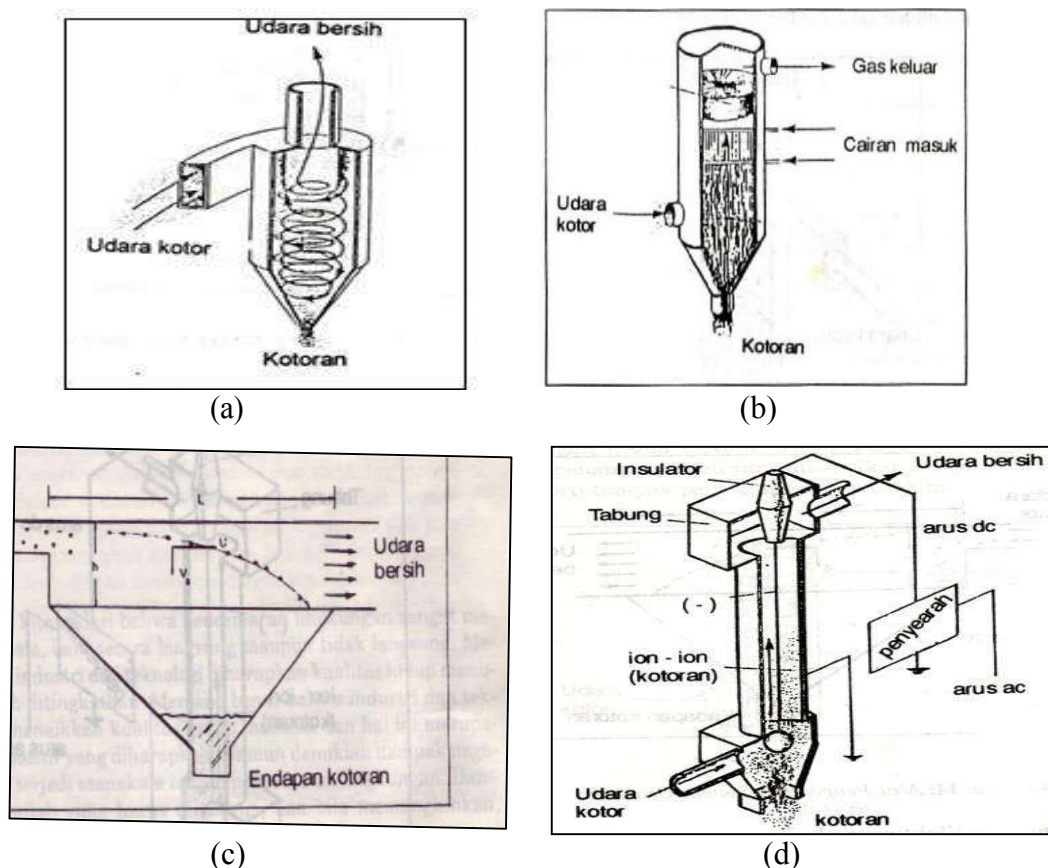
Filter basah juga berfungsi untuk menangkap debu. Prinsip kerjanya adalah dengan menyemprotkan air dari bagian atas alat, sedangkan udara yang kotor dari bagian bawah alat. Ketika udara yang kotor bertemu dengan air yang disemprotkan tadi, maka udara akan terperangkap dan turun bersama air ke bagian bawah alat.

4. Pengendap sistem gravitasi

Alat ini digunakan untuk mengendapkan partikel dalam udara kotor yang berukuran agak besar. Udara yang kotor dialirkan di atas alat ini, kemudian jika kecepatannya berkurang, maka partikel yang berukuran lebih besar akan turun karena gravitasi dan terkumpul masuk ke dalam alat ini.

5. Pengendap elektrostatis

Alat ini digunakan untuk membersihkan udara yang sangat kotor oleh aerosol atau uap air. Udara yang sudah tercemar tersebut dapat dengan cepat dibersihkan, sehingga udara yang keluar dari alat ini sudah cukup bersih.



Gambar 2.3 Alat-alat untuk mengurangi pencemaran udara: (a) pengendap silikon (a) filter basah (c) pengendap sistem gravitasi (d) pengendap elektrostatis

Contoh Soal 2.7: Apa yang dimaksud dengan pengendalian?

Jawab : Pengendalian ialah proses pemantauan, penilaian dan pelaporan rencana atas pencapaian tujuan yang telah ditetapkan untuk tindakan korektif guna penyempurnaan lebih lanjut.

Contoh Soal 2.8: Apa yang kamu ketahui tentang Penanggulangan secara non-teknis!

Jawab : Penanggulangan secara non-teknis, adalah suatu usaha untuk mengurangi dan menanggulangi pencemaran lingkungan dengan cara menciptakan peraturan perundangan yang dapat merencanakan, mengatur dan mengawasi segala macam bentuk kegiatan industri dan teknologi sedemikian rupa sehingga tidak terjadi

PENUGASAN KELAS

1. Bentuklah kelompok kecil dan diskusikanlah tentang Pengendalian Pencemaran udara
2. Diskusikanlah dalam kelompok kecil bagaimana menanggulangi tingkat pencemaran udara dalam kehidupan sehari-hari

RANGKUMAN

1. Pengendalian atau pengawasan (*controlling*) adalah bagian akhir dari fungsi manajemen.
2. Teknik pengendalian pencemaran udara yang diakibatkan oleh partikel
 - Penelitian dan pemantauan
3. Penanggulangan Pencemaran Udara
 - Penanggulangan Secara Teknis
 - Penanggulangan Secara Non-teknis
4. Penanggulangan secara teknis
 - Mengubah proses
 - Menggantikan sumber energi
 - Mengelola limbah
 - Menambah alat bantu
5. Pencegahan Pencemaran Lingkungan
 - Filter Udara

Fulter udara adalah untuk menangkap debu atau partikel yang ikut keluar dari cerobong asap atau stock, sehingga udara yang keluar dari cerobong asap merupakan udara yang bersih.

- Pengendap Silikon

Pengendap silicon merupakan pengendap debu yang ikut dalam gas buangan atau udara dalam ruang pabrik yang berdebu.

- Filter Basah

Filter basah juga berfungsi untuk menangkap debu. Prinsip kerjanya adalah dengan menyemprotkan air dari bagian atas alat, sedangkan udara yang kotor dari bagian bawah alat.

- Pengendap sistem gravitasi

Alat ini digunakan untuk mengendapkan partikel dalam udara kotor yang berukuran agak besar.

- Pengendap elektrostatis

Alat ini digunakan untuk membersihkan udara yang sangat kotor oleh aerosol atau uap air.

EVALUASI FORMATIF 4

1. Apa yang dimaksud dengan pengendalian pencemaran udara?
2. Sebutkan minimal 3 contoh penanggulangan pencemaran lingkungan secara teknis!
3. Sebutkan 5 contoh dalam penanggulangan secara non-teknis?
4. Apa faktor yang perlu diperhatikan berdasarkan kriteria pada penanggulangan pencemaran lingkungan teknis?
5. Sebutkan Fungsi dan prinsip kerja Filter Basah!

KUNCI JAWABAN

1. Pengendalian ialah proses pemantauan, penilaian dan pelaporan rencana atas pencapaian tujuan yang telah ditetapkan untuk tindakan korektif guna penyempurnaan lebih lanjut.
2. Berikut 3 penanggulangan pencemaran udara secara teknis
 - Mengubah proses
 - Menggantikan sumber energy
 - Mengelola limbah

3. Penanggulangan secara non-teknis yaitu:
 - Penyajian Informasi Lingkungan (PIL)
 - Analisa Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL)
 - Perencanaan Kawasan Kegiatan Industri dan Teknologi
 - Pengaturan dan Pengawasan Kegiatan
 - Menanamkan Perilaku Disiplin
4. Faktor yang perlu diperhatikan berdasarkan kriteria penanggulangan pencemaran udara secara teknis:
 - a. Mengutamakan keselamatan lingkungan
 - b. Teknologinya telah dikuasai dengan baik
 - c. Secara teknis dan ekonomis dapat dipertanggung-jawabkan
5. Filter basah juga berfungsi untuk menangkap debu. Prinsip kerjanya adalah dengan menyemprotkan air dari bagian atas alat, sedangkan udara yang kotor dari bagian bawah alat.

Lembar Kerja Praktek 4

Modul 3:

Tanah

PENDAHULUAN

Saudara mahasiswa, dalam Modul 3 ini kita akan membahas materi tentang tanah dan permasalahannya. Telah kita ketahui bawasannya tanah merupakan bagian penting dalam menunjang kehidupan makhluk hidup di muka bumi. Selain itu, rantai makanan bermula dari tumbuhan. Manusia dan hewan hidup bergantung dari tumbuhan. Memang ada tumbuhan dan hewan yang hidup di laut, namun demikian sebagian besar tumbuhan atau hewan yang kita makan berasal dari permukaan tanah. Oleh sebab itu, sudah menjadi kewajiban kita untuk menjaga kelestarian tanah agar tetap dapat mendukung kehidupan di muka bumi ini.

Adapun ruang lingkup materi yang akan dibahas pada Modul ini mencakup tentang ruang tanah, pencemaran tanah, titik pengambilan sampel tanah, cara pengambilan sampel tanah untuk pemeriksaan fisik yang meliputi: suhu, berat jenis, kadar air tanah, serta baku mutu tanah yang masih berlaku.

Kegiatan Pembelajaran 1: RUANG LINGKUP TANAH

KEMAMPUAN AKHIR YANG DIHARAPKAN

1. Mahasiswa memiliki pengertian dan pemahaman mengenai definisi tanah
2. Mahasiswa memiliki pemahaman mengenai profil tanah
3. Mahasiswa memiliki pemahaman mengenai sifat-sifat tanah
4. Mahasiswa memiliki pemahaman mengenai tekstur tanah
5. Mahasiswa memiliki pemahaman mengenai struktur tanah

URAIAN MATERI

A. Definisi Tanah

Tanah secara mendasar definisinya dapat dikelompokkan dalam 3 (tiga) sudut pandang, yaitu sebagai berikut:

1. Berdasarkan sudut pandang ahli geologi

Menurut sudut pandang ahli geologi atau berdasarkan pendekatan geologi, tanah didefinisikan sebagai lapisan permukaan bumi yang berasal dari bebatuan dan yang telah mengalami serangkaian pelapukan oleh gaya-gaya alam, sehingga bebatuan tersebut membentuk lapisan partikel halus (*regolith*).

2. Berdasarkan sudut pandang ahli ilmu alam murni

Menurut sudut pandang ahli ilmu alam murni atau berdasarkan pendekatan pedologi, tanah didefinisikan sebagai bahan padat (baik berupa mineral maupun organik) yang terletak di permukaan bumi. Bahan padat tersebut telah dan sedang serta terus mengalami perubahan yang dipengaruhi oleh faktor-faktor bahan induk, iklim, organisme, topografi, dan waktu.

3. Berdasarkan sudut pandang ahli pertanian

Menurut sudut pandang ahli pertanian atau berdasarkan pendekatan edaphologi, tanah didefinisikan sebagai media untuk tumbuh tanaman.

Menurut ahli ilmu tanah, tanah didefinisikan sebagai lapisan permukaan bumi yang secara fisik berfungsi sebagai tempat tumbuh dan berkembangnya penakaran, sebagai penopang tumbuh tegaknya tanaman dan menyuplai kebutuhan air, serta hara ke akar tanaman. Secara kimiawi tanah berfungsi sebagai gudang dan penyuplai hara atau nutrisi, baik berupa senyawa organik maupun anorganik sederhana dan unsur-unsur esensial, seperti: N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Zn, Fe, Mn, B, dan Cl. Secara biologis tanah berfungsi sebagai habitat dari organisme tanah yang turut berpartisipasi aktif dalam penyediaan hara tersebut dan zat-zat aditif bagi tanaman. Selanjutnya ketiganya ini (fisik, kimiawi, dan biologi) secara integral mampu menunjang produktivitas tanah untuk menghasilkan biomassa dan produksi, baik tanaman pangan, tanaman sayur-sayuran, tanaman hortikultura, tanaman obat-obatan, tanaman perkebunan, maupun tanaman kehutanan.

Demikian juga halnya bagi seorang ahli jalan yang menganggap tanah adalah bagian permukaan bumi yang lembek sehingga pada permukaan tanah tersebut perlu dipasang batu-batu agar menjadi kuat.

Dalam kehidupan sehari-hari, tanah diartikan sebagai wilayah darat dimana diatasnya dapat digunakan untuk berbagai usaha misalnya: pertanian, peternakan, mendirikan bangunan, dan lain-lain.

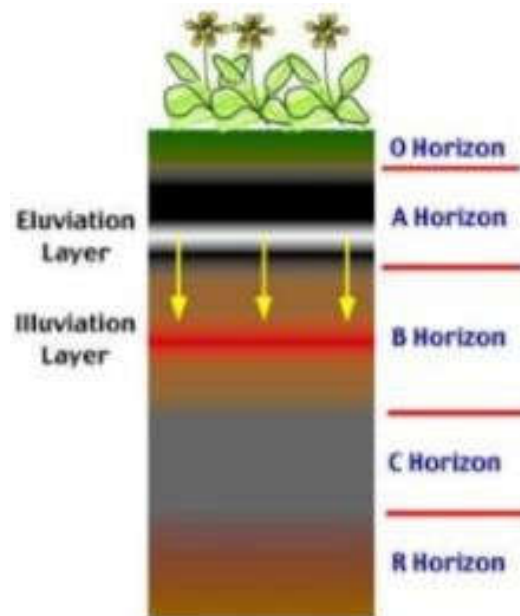
Dalam pertanian, tanah diartikan lebih khusus lagi yaitu sebagai media tumbuhnya tanaman darat. Tanah berasal dari hasil pelapukan batuan bercampur dengan sisa-sisa

bahan organik dan organisme (vegetasi dan hewan) yang hidup di atas atau di dalamnya. Selain itu, di dalam tanah terdapat pula udara dan air.

B. Profil Tanah

Profil tanah merupakan irisan vertikal tanah dari lapisan paling atas hingga ke bebatuan induk tanah (*regolith*), yang biasanya terdiri dari horizon-horizon O – A – E – B – C – R. Sedangkan susunan horizon-horizon tanah dalam lapisan permukaan bumi setebal 100 – 120 cm disebut juga sebagai profil tanah, dengan persyaratan sebagai berikut:

1. Tegak (*vertical*).
2. Baru.
3. Tidak terkena sinar matahari langsung.
4. Mewakili tapak sekeliling.



Gambar 3.1 Lapisan permeabilitas tanah

Profil tanah juga merupakan suatu irisan melintang pada tubuh tanah dibuat dengan cara menggali lubang dengan ukuran (panjang dan lebar) tertentu dan kedalaman yang tertentu pula sesuai dengan keadaan tanah dan keperluan penelitiannya. Permeabilitas tanah menunjukkan kemampuan tanah dalam meloloskan air. Struktur dan tekstur serta unsur organik lainnya ikut ambil bagian dalam menaikkan laju permeabilitas tanah. Tanah dengan permeabilitas tinggi menaikkan laju infiltrasi dan dengan demikian menurunkan laju aliran air.

Berikut ini penjelasan dari masing-masing lapisan permeabilitas tanah atau yang dikenal dengan susunan horizon-horizon.

1. Lapisan O.

Huruf O menunjukkan kata “*organic*”. Lapisan ini disebut juga dengan humus. Lapisan ini didominasi oleh keberadaan material organik dalam jumlah besar yang berasal dari berbagai tingkat dekomposisi. Lapisan O ini tidak sama dengan lapisan dedaunan yang berada di atas tanah, yang sesungguhnya bukan bagian dari tanah itu sendiri.

2. Lapisan A dan E.

Lapisan A adalah lapisan atas dari tanah, sehingga diberi huruf A. Kondisi teknis dari lapisan A mungkin bervariasi, namun seringkali dijelaskan sebagai lapisan tanah yang relatif lebih dalam dari lapisan O. Lapisan ini memiliki warna yang lebih gelap dari pada lapisan yang berada di bawahnya dan mengandung banyak material organik. Dan mungkin lapisan ini lebih ringan dan mengandung lebih sedikit tanah liat. Lapisan A dikenal sebagai lapisan yang memiliki banyak aktivitas biologi. Organisme tanah seperti cacing tanah, *arthropoda*, *nematoda*, jamur, dan berbagai spesies bakteri *archaea* terkonsentrasi di sini, dan seringkali berhubungan dengan akar tanaman. Sedangkan lapisan E dianggap sebagai perantara lapisan B dan memiliki sifat antara A dan B.

3. Lapisan B.

Lapisan B umumnya disebut lapisan tanah bawah, dan mengandung lapisan mineral yang mirip dengan lapisan mineral tanah liat seperti besi atau aluminium atau material organik yang sampai ke lapisan tersebut oleh suatu proses kebocoran. Akar tanaman menembus lapisan tanah ini, namun lapisan ini sangat miskin material organik. Lapisan ini umumnya berwarna kecoklatan atau kemerahan akibat tanah liat dan besi oksida yang terbilas dari lapisan A.

4. Lapisan C.

Lapisan C dinamakan karena berada di bawah A dan B. Lapisan ini sedikit dipengaruhi oleh keberadaan proses pembentukan tanah dari bawah. Lapisan C ini mungkin mengandung bebatuan yang belum mengalami proses pelapukan. Lapisan C juga mengandung material induk.

5. Lapisan R.

Lapisan R didefinisikan sebagai lapisan yang mengalami sebagian pelapukan bebatuan menjadi tanah. Berbeda dengan lapisan di atasnya, lapisan ini sangat padat dan keras dan tidak bisa digali dengan tangan.

Contoh Soal 3.1:

Mengapa lapisan tanah huruf A dikenal sebagai lapisan yang memiliki banyak aktivitas biologi?

Jawab :

Karena organisme tanah seperti cacing tanah, *arthropoda*, *nematoda*, jamur, dan berbagai spesies bakteri *archaea* terkonsentrasi di lapisan tanah huruf A.

C. Sifat-Sifat Tanah

Fungsi pertama tanah adalah sebagai media tumbuh, sebagai tempat akar mencari ruang untuk berpenetrasi (menelusup), baik secara lateral atau horizontal maupun secara vertikal. Kemudahan tanah untuk dipenetrasi ini tergantung pada ruang pori-pori yang terbentuk diantara partikel-partikel tanah (struktur dan tekstur), sedangkan stabilitas ukuran ruang ini tergantung pada konsistensi tanah terhadap pengaruh tekanan. Kerapatan porositas tersebut menentukan kemudahan air untuk bersirkulasi dengan udara (drainase dan aerasi). Sifat fisik lain yang penting adalah warna dan suhu tanah. Warna mencerminkan jenis mineral penyusun tanah, reaksi kimiawi, intensitas pelindian dan akumulasi bahan-bahan yang terjadi, sedangkan suhu merupakan indikator energi matahari yang dapat diserap oleh bahan-bahan penyusun tanah.

Secara keseluruhan sifat-sifat fisik tanah ditentukan oleh :

1. ukuran dan komposisi partikel-partikel hasil pelapukan bahan penyusun tanah.
2. jenis dan proporsi komponen-komponen penyusun partikel-partikel.
3. keseimbangan antara suplai air, energi dan bahan dengan kehilangannya, dan
4. intensitas reaksi kimiawi dan biologis yang telah atau sedang berlangsung.

Berikut ini adalah beberapa sifat fisik dari tanah:

1. Bahan induk tanah

Bahan induk merupakan materi utama dari tanah yang dibentuk oleh berbagai faktor melalui proses kimiawi, biologis dan fisika. Bahan induk tanah secara umum adalah *Quartz* (SiO_2), *Kalsit* (CaCO_3), *Feldspar* dan *Biotit*.

2. Tekstur tanah

Komponen mineral dari tanah adalah pasir, lumpur dan tanah liat, proporsi dari kombinasi ketiga bahan tersebut akan menentukan tekstur tanah (menyerupai kombinasi antara tepung, air dan telur). Hal yang dipengaruhi oleh tesktur tanah

mencakup porositas, permeabilitas (kemampuan menyerap), infiltrasi, dan kapasitas kandungan air. Tanah, pasir dan lumpur merupakan produk dari material induk yang mengalami proses fisika dan kimiawi. Tanah liat merupakan produk dari pengendapan material induk yang larut sebagai material sekunder.

3. Kepadatan tanah

Tingkat kepadatan tanah umumnya berkisar antara 2,6 hingga 2,75 gram per cm^3 dan biasanya tidak dapat berubah. Kepadatan partikel tanah yang banyak mengandung material organik lebih rendah daripada tanah yang sedikit mengandung material organik. Tanah dengan kepadatan rendah dapat menyimpan air lebih baik namun bukan berarti cocok untuk pertumbuhan tanaman. Tanah dengan kepadatan tinggi menunjukkan tingkat kandungan pasir yang tinggi.

4. Porositas tanah

Porositas mirip seperti kepadatan, hanya saja porositas berarti ruang kosong (pori-pori) diantara tekstur tanah yang tidak terisi dengan mineral atau bahan organik namun terisi oleh gas atau air. Semakin tinggi kepadatan tanah maka semakin rendah porositasnya dan sebaliknya semakin rendah kepadatan tanah semakin rendah porositasnya. Idealnya, total porositas dari tanah adalah sekitar 50% dari total volume tanah. Ruang gas dibutuhkan tanah untuk menyediakan oksigen yang berguna untuk organisme dalam menguraikan material organik, humus dan akar tanaman. Porositas juga mendukung pergerakan serta penyimpanan air serta nutrisi. Tingkat porositas tanah dibagi menjadi 4 kategori yaitu sangat baik dengan tingkat porositas kurang dari 2 mikro meter, baik dengan tingkat porositas 2-20 mikro meter, sedang dengan tingkat porositas 20-200 mikro meter, dan kasar dengan porositas 200 mikro meter hingga 2 mili meter.

5. Temperatur tanah

Tanah memiliki temperatur yang bervariasi mulai dari tingkat dingin ekstrim -20 derajat celcius hingga tingkat panas ekstrim mencapai 60 derajat celcius. Temperatur tanah penting bagi germinasi biji tanaman, pertumbuhan akar tanaman serta menyediakan nutrisi bagi tanaman tersebut. Tanah yang berada 50 cm dibawah permukaan cenderung memiliki temperatur yang lebih tinggi sekitar 1,8 derajat celcius.

6. Warna tanah

Warna tanah seringkali menjadi faktor paling dasar bagi kita untuk membedakan jenis-jenis tanah. Umumnya, warna tanah ditentukan oleh kandungan material organik, kondisi drainase, minearologi tanah dan tingkat oksidasi. Pengembangan dan distribusi warna tanah berasal dari proses kimiawi dan tingkat pelapukan material organik. Ketika mineral primer dalam bahan induk lapuk, elemen tanah akan dikombinasikan pada senyawa dan warna yang baru. Mineral besi merupakan mineral sekunder yang akan menghasilkan warna kuning atau kemerahan pada tanah, material organik akan menghasilkan warna hitam kecoklatan atau coklat (warna subur). Manggan, sulphur dan nitrogen akan menghasilkan warna hitam.

7. Konsistensi tanah

Konsistensi tanah berarti kemampuan tanah untuk menempel pada objek lain dan kemampuan tanah untuk menghindari deformasi atau berpisah. Konsistensi diukur dengan 3 kondisi kelembapan yaitu: kering, lembap dan basah. Konsistensi tanah bergantung pada tingkat banyaknya tanah liat.

D. Tekstur Tanah

Tekstur tanah menunjukkan komposisi partikel penyusun tanah (*separate*) yang dinyatakan sebagai perbandingan proporsi (%) relatif antara fraksi pasir (*sand*) berdiameter 2,00 – 0,20 mm atau 2000 – 20 μm , debu (*silt*) berdiameter 0,20 – 0,002 mm atau 200 – 2 μm , dan liat (*clay*) (<2 μm). Partikel berukuran di atas 2 mm seperti kerikil dan bebatuan kecil tidak tergolong sebagai fraksi tanah, tetapi menurut Lal (1979) harus diperhitungkan dalam evaluasi tekstur tanah. Klasifikasi ukuran, jumlah dan luas permukaan fraksi-fraksi tanah menurut sistem USDA dan Sistem Internasional tertera pada Tabel berikut. Klasifikasi ukuran, jumlah dan luas permukaan fraksi-fraksi tanah menurut sistem USDA dan Sistem Internasional (dimodifikasikan dari Foth, 1984).

Tabel 3.1. Klasifikasi ukuran, jumlah dan luas permukaan untuk berbagai separat tanah

Separat tanah	Diameter (mm)		Jumlah partikel (g^{-1})	Luas permukaan (cm^2g^{-1})
	USDA	Internasional		
Pasir sangat kasar	2,00 – 1,00		90	
Pasir kasar	1,00 – 0,50		720	23

Pasir sedang	0,50 – 0,25		5700	45
Pasir	-	2,00 – 0,20	4088	29
Pasir halus	0,25 – 0,10		46000	91
Pasir sangat halus	0,10 – 0,05		722000	227
Debu	0,05 – 0,02		5776000	454
Debu	-	0,02 – 0,002	2334796	271
Liat	< 0,002	< 0,002	90250853000	8000000

Keterangan : separate bergaris - bawah / dicetak-tebal merupakan Sistem Internasional.

*) untuk kedua sistem

Berdasarkan kelas teksturnya maka tanah digolongkan menjadi :

1. Tanah bertekstur kasar atau tanah berpasir berarti tanah yang mengandung minimal 70 % pasir atau bertekstur pasir atau pasir berlempung.
2. Tanah bertekstur halus atau tanah berliat berarti tanah yang mengandung minimal 37,5 % liat atau bertekstur liat, liat berdebu atau liat berpasir.
3. Tanah bertekstur sedang atau tanah berlempung, terdiri dari :
 - a. tanah bertekstur sedang tetapi agak kasar meliputi tanah yang bertekstur lempung berpasir (*Sandy Loam*) atau lempung berpasir halus (dua macam),
 - b. tanah bertekstur sedang meliputi yang bertekstur lempung berpasir sangat halus, lempung (*Loam*), lempung berdebu (*Silty Loam*) atau debu (*Silt*), dan
 - c. tanah bertekstur sedang tetapi agak halus mencakup lempung liat (*Clay loam*), lempung liat berpasir (*Sandy-clay Loam*) atau lempung debu berpasir (*Sandy-silt Loam*).

Contoh Soal 3.2:

Tentukan diameter menurut USDA dan jumlah partikel dari pasir sangat kasar hingga sangat halus!

Jawab :

Separat tanah (jenis pasir)	Diameter menurut USDA	Jumlah partikel
Pasir sangat kasar	2,00 – 1,00 mm	90 g ⁻¹
Pasir kasar	1,00 – 0,50 mm	720 g ⁻¹
Pasir sedang	0,50 – 0,25 mm	5700 g ⁻¹
Pasir halus	0,25 – 0,10 mm	46000 g ⁻¹
Pasir sangat halus	0,10 – 0,05 mm	722000 g ⁻¹

E. Struktur Tanah

Apabila tekstur mencerminkan ukuran partikel dari fraksi-fraksi tanah, maka struktur merupakan kenampakan bentuk atau susunan partikel-partikel primer tanah (pasir, debu, dan liat individual) hingga partikel-partikel sekunder (gabungan partikel-partikel primer yang disebut ped (gumpalan) yang membentuk agregat (bongkah)).

Struktur tanah berfungsi memodifikasi pengaruh tekstur terhadap kondisi drainase atau aerasi tanah, karena susunan antar-ped atau agregat tanah akan menghasilkan ruang yang lebih besar daripada susunan antar partikel primer. Oleh karena itu tanah yang berstruktur baik akan mempunyai kondisi drainase dan aerasi yang baik pula, sehingga lebih memudahkan sistem perakaran tanaman untuk berpenetrasi dan mengabsorpsi (menyerap) hara dan air, sehingga pertumbuhan dan produksi menjadi lebih baik. Lal (1979) mengemukakan bahwa struktur tanah mempunyai peran sebagai regulator yang :

1. menyinambungkan arah pipa yang terbentuk dari berbagai ukuran pori-pori yang berinterkoneksi, stabilitas dan durabilitasnya;
2. mengatur retensi dan pergerakan air tanah;
3. difusi gas dari dan ke atmosfer; dan
4. mengontrol proliferasi (pertumbuhan) akar dan perkembangannya.

Struktur tanah dapat diklasifikasikan menjadi 3 yaitu: air dan udara dalam tanah, bahan-bahan organik dalam tanah, serta bahan-bahan anorganik dalam tanah.

1. Air dan Udara dalam Tanah

a. Tanah

Tanah, sebagai salah satu unsur yang mendukung tanaman adalah merupakan tempat tumbuhnya tanaman. Tentu saja bila kita ingin mendapatkan tanaman yang baik, maka tanah yang kita gunakan juga harus tanah yang baik. Tanah yang baik adalah tanah yang:

- 1) mudah dikerjakan atau mudah digarap,
- 2) dapat memberikan kesempatan bagi akar tanaman untuk tumbuh dan berkembang,
- 3) yang banyak mengandung unsur hara yang sangat diperlukan oleh tanaman, misalnya tanah humus,
- 4) memungkinkan terjadinya proses sirkulasi udara dan air,
- 5) yang memiliki kelembaban cukup untuk tanaman,
- 6) mudah digarap apabila tanah tersebut merupakan tanah humus atau *alluvial* yang merupakan hasil dari pelapukan, sehingga tidak keras dan tidak banyak mengandung bebatuan.
- 7) struktur tanah tidak keras, memungkinkan tanaman untuk tumbuh dan berkembang.
- 8) memiliki pori-pori, sehingga dapat menyerap air dan unsur hara lainnya agar tanaman dapat tumbuh dengan baik.
- 9) menyimpan udara yang diperlukan bagi kehidupan tanaman.

b. Air

Air yang berada pada zona aerasi disebut lengas tanah. Bila zona aerasi tidak lagi mampu menahan kapasitas air, maka air akan masuk ke bagian bawah, yaitu zona saturasi, ini disebut air tanah. Frekuensi pemberian air irigasi untuk tanaman dipengaruhi oleh sifat hubungan antara tanaman, air, dan tanah. Sedangkan faktor yang mempengaruhi daya tahan tanah adalah tekstur, struktur dan bahan organik yang terdapat di dalam tanah.

c. Udara

Salah satu unsur yang mendukung tumbuhnya tanaman dengan baik adalah udara. Ketersediaan udara di dalam tanah, berperan penting bagi pernafasan akar-akar tanaman. Seperti yang sudah ditulis bahwa tanah yang baik adalah tanah yang memiliki pori-pori untuk menyimpan butiran air. Namun, sebenarnya tidak semua

pori-pori tersebut menyimpan air. Sebagian akan menyimpan udara untuk kehidupannya, terutama bagian akar agar tidak membusuk apalagi bagi tanaman yang tidak tahan terhadap genangan air. Pertumbuhan pada akar tanaman biasanya dipengaruhi oleh tinggi rendahnya suhu tanah, khususnya pada daerah akar.

2. Bahan-bahan Organik dalam Tanah

Di dalam tanah yang produktif, meskipun kandungan bahan organiknya kurang dari 5 %, namun demikian meskipun jumlah yang tidak terlalu besar dari bahan organik ini memainkan peran yang sangat penting dalam penentuan produktivitas tanah.

Tabel 3.2. Komposisi dan Kegunaan setiap tipe senyawa dalam tanah

Tipe senyawa	Komposisi	Pengaruh/kegunaan
Humus	Sisa degradasi dari penguraian tanaman, banyak mengandung C, H, dan O	Kelimpahan bahan organik meningkat sifat-sifat fisik tanah, pertukaran akar, tempat persediaan nitrogen.
Lemak-lemak, resin dan lilin	Lemak-lemak yang dapat diekstraksi oleh pelarut-pelarut organik	Secara umum hanya beberapa % dari bahan organik tanah yang dapat mempengaruhi sifat-sifat fisik tanah.
Sakarida	Selulosa, jerami, hemiselulosa	Makanan tanaman bagi mikroorganisme tanah, membantu menstabilkan agregat tanah.
Nitrogen dalam bahan organik	Ikatan N pada humus, asam amino, gula amino	Penyedia nitrogen untuk kesuburan tanah.

Senyawa-senyawa fosfor	Ester-ester fosfat, fosfolipid	Sumber dari fosfat tanaman.
------------------------	--------------------------------	-----------------------------

3. Bahan-bahan Anorganik dalam Tanah

Bahan-bahan anorganik dalam tanah selain senyawa organik mengandung pula bahan-bahan non organik seperti nitrogen, fosfor, kalium yang kandungannya kadang jauh berbeda antara tanah yang satu dengan tanah yang lainnya. Tanaman dapat mengabsorpsi nitrogen dalam bentuk nitrat secara berlebihan dari tanah yang mengandung banyak nitrat. Hal ini terjadi bila lahan pertanian di pupuk cukup banyak pada musim kemarau. Bila tanaman ini dimakan hewan seperti sapi akan mengakibatkan keracunan.

Seperti halnya dengan nitrogen, fosfor harus ada dalam tanah dalam bentuk anorganik yang dominan dalam tanah, H_2PO_4 dan $(\text{HPO}_4)_2$ merupakan jenis-jenis yang sering ditemukan. Kalium dalam tanah diperlukan dalam jumlah yang relatif tinggi untuk pertumbuhan tanaman. Kalium mengaktifkan beberapa jenis enzim dan memegang peranan penting di dalam keseimbangan air dalam tanaman. Kalium adalah salah satu unsur yang terdapat dalam jumlah besar di kerak bumi yaitu sebesar 2,6 %. Sebagai contoh adalah senyawa rangkap K_2O_2 , $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$.

Magnesium walaupun terdapat sampai kurang lebih 2,1 % di dalam kerak bumi, sebagian terbesar dari unsur ini terikat kuat di alam mineral-mineral. Secara umum magnesium yang dapat dipertukarkan tergolong pada yang tersedia untuk tanaman dan unsur ini diikat oleh bahan organik atau *clay* melalui pertukaran ion.

Belerang dari tanah diasimilasi oleh tanaman sebagai ion sulfat, SO_4 . Di suatu daerah dimana terjadi pencemaran SO_2 di atmosfer, maka belerang dapat diabsorpsi oleh daun-daun tanaman sebagai sulfur dioksida. Kandungan SO_2 yang cukup tinggi di atmosfer dapat mematikan tanaman.

PENUGASAN KELAS

1. Bentuklah kelompok kecil dan diskusikanlah tentang ruang lingkup tanah!
2. Diskusikanlah dalam kelompok kecil tentang struktur tanah!

RANGKUMAN

1. Tanah secara mendasar definisinya dapat dikelompokkan dalam 3 (tiga) sudut pandang, yaitu:
 - Menurut ahli geologi, tanah didefinisikan sebagai lapisan permukaan bumi yang berasal dari bebatuan dan yang telah mengalami serangkaian pelapukan oleh gaya-gaya alam.
 - Menurut ahli ilmu alam murni, tanah didefinisikan sebagai bahan padat (baik berupa mineral maupun organik) yang terletak di permukaan bumi.
 - Menurut ahli pertanian, tanah didefinisikan sebagai media untuk tumbuh tanaman.
2. Profil tanah merupakan irisan vertikal tanah dari lapisan paling atas hingga ke bebatuan induk tanah (*regolith*), yang biasanya terdiri dari horizon-horizon O – A – E – B – C – R. Sedangkan susunan horizon-horizon tanah dalam lapisan permukaan bumi setebal 100 – 120 cm disebut juga sebagai profil tanah, dengan persyaratan: tegak (*vertical*), baru, tidak terkena sinar matahari langsung, dan mewakili tapak sekeliling.
3. Secara keseluruhan sifat-sifat fisik tanah ditentukan oleh :
 - ukuran dan komposisi partikel-partikel hasil pelapukan bahan penyusun tanah.
 - jenis dan proporsi komponen-komponen penyusun partikel-partikel.
 - keseimbangan antara suplai air, energi dan bahan dengan kehilangannya, dan
 - intensitas reaksi kimiawi dan biologis yang telah atau sedang berlangsung.
4. Beberapa sifat fisik dari tanah yaitu: bahan induk, tekstur, kepadatan, porositas, temperatur, warna, dan konsistensi.
5. Tekstur tanah menunjukkan komposisi partikel penyusun tanah (*separate*) yang dinyatakan sebagai perbandingan proporsi (%) relatif antara fraksi pasir (*sand*) berdiameter 2,00 – 0,20 mm atau 2000 – 20 μm , debu (*silt*) berdiameter 0,20 – 0,002 mm atau 200 – 2 μm , dan liat (*clay*) berdiameter $<2 \mu\text{m}$.
6. Berdasarkan kelas teksturnya maka tanah digolongkan menjadi:
 - tanah bertekstur kasar atau tanah berpasir,
 - tanah bertekstur halus atau tanah berliat, dan
 - tanah bertekstur sedang atau tanah berlempung.
7. Struktur tanah merupakan kenampakan bentuk atau susunan partikel-partikel primer tanah hingga partikel-partikel sekunder. Struktur tanah berfungsi memodifikasi pengaruh tekstur terhadap kondisi drainase atau aerasi tanah, karena susunan antar-ped

atau agregat tanah akan menghasilkan ruang yang lebih besar daripada susunan antar partikel primer.

8. Air yang berada pada zona aerasi disebut lengas tanah. Bila zona aerasi tidak lagi mampu menahan kapasitas air, maka air akan masuk ke bagian bawah, yaitu zona saturasi, ini disebut air tanah.
9. Ketersediaan udara di dalam tanah, berperan penting bagi pernafasan akar-akar tanaman.
10. Tipe senyawa dari bahan-bahan organik dalam tanah meliputi: humus, lemak-lemak, sakarida, nitrogen (asam amino dan gula amino), serta senyawa-senyawa fosfor.
11. Selain senyawa organik tanah mengandung pula bahan-bahan anorganik seperti nitrogen, fosfor, kalium yang kandungannya kadang jauh berbeda antara tanah yang satu dengan tanah yang lainnya. Seperti halnya dengan nitrogen, fosfor harus ada dalam tanah dalam bentuk anorganik yang dominan dalam tanah, H_2PO_4 dan $(HPO_4)_2$ merupakan jenis-jenis yang sering ditemukan.

EVALUASI FORMATIF 1

1. Jelaskan definisi tanah menurut sudut pandang ahli geologi!
2. Bagaimana pengertian tanah dalam kehidupan sehari-hari?
3. Sebutkan beberapa persyaratan dari profil tanah!
4. Mengapa lapisan O pada tanah menunjukkan kata “organic”?
5. Jelaskan fungsi pertama dari tanah!
6. Jelaskan hubungan dari kepadatan tanah dan porositas tanah!
7. Berapakah diameter menurut sistem USDA untuk tanah liat?
8. Apa yang dimaksud dari tanah berpasir?
9. Bagaimana kondisi tanah yang berstruktur baik?
10. Bagaimana komposisi dan kegunaan dari tipe senyawa tanah sakarida?

KUNCI JAWABAN EVALUASI FORMATIF 1

1. Menurut sudut pandang ahli geologi, tanah didefinisikan sebagai lapisan permukaan bumi yang berasal dari bebatuan dan yang telah mengalami serangkaian pelapukan oleh gaya-gaya alam, sehingga bebatuan tersebut membentuk lapisan partikel halus.
2. Dalam kehidupan sehari-hari, tanah diartikan sebagai wilayah darat dimana di atasnya dapat digunakan untuk berbagai usaha misalnya: pertanian, peternakan, mendirikan bangunan, dan lain-lain.

3. Vertikal, baru, tidak terkena sinar matahari langsung, dan mewakili tapak sekeliling.
4. Karena lapisan O pada tanah didominasi oleh keberadaan material organik dalam jumlah besar yang berasal dari berbagai tingkat dekomposisi.
5. Fungsi pertama tanah adalah sebagai media tumbuh, sebagai tempat akar mencari ruang untuk berpenetrasi (menelusup), baik secara lateral atau horizontal maupun secara vertikal. Kemudahan tanah untuk dipenetrasi ini tergantung pada ruang pori-pori yang terbentuk diantara partikel-partikel tanah (struktur dan tekstur), sedangkan stabilitas ukuran ruang ini tergantung pada konsistensi tanah terhadap pengaruh tekanan.
6. Kepadatan tanah yang banyak mengandung material organik lebih rendah daripada tanah yang sedikit mengandung material organik. Tanah dengan kepadatan tinggi menunjukkan tingkat kandungan pasir yang tinggi. Sedangkan untuk porositas mirip seperti kepadatan, hanya saja porositas berarti ruang kosong (pori-pori) diantara tekstur tanah yang tidak terisi dengan mineral atau bahan organik namun terisi oleh gas atau air. Semakin tinggi kepadatan tanah maka semakin rendah porositasnya dan sebaliknya semakin rendah kepadatan tanah semakin rendah porositasnya. Idealnya, total porositas dari tanah adalah sekitar 50% dari total volume tanah.
7. Kurang dari 0,002 milimeter.
8. Tanah berpasir adalah tanah yang mengandung minimal 70 % pasir atau bertekstur pasir atau pasir berlempung.
9. Tanah yang berstruktur baik akan mempunyai kondisi drainase dan aerasi yang baik pula, sehingga lebih memudahkan sistem perakaran tanaman untuk berpenetrasi dan menyerap unsur hara dan air, sehingga pertumbuhan dan produksi menjadi lebih baik.
10. Komposisi dari tipe senyawa tanah sakarida adalah selulosa, jerami, dan hemiselulosa. Kegunaannya adalah sebagai makanan tanaman bagi mikroorganisme tanah, membantu menstabilkan agregat tanah.

Lembar Kerja Praktek 1

Kegiatan Pembelajaran 2: PENCEMARAN TANAH

KEMAMPUAN AKHIR YANG DIHARAPKAN

1. Mahasiswa memahami definisi pencemaran tanah
2. Mahasiswa memahami sumber pencemaran tanah
3. Mahasiswa mampu menjelaskan dampak yang timbul akibat pencemaran tanah
4. Mahasiswa mampu menjelaskan penanganan pencemaran tanah
5. Mahasiswa mengetahui cara menanggulangi pencemaran tanah

URAIAN MATERI

A. Definisi Pencemaran Tanah

Pencemaran tanah adalah keadaan dimana bahan kimia buatan manusia masuk dan mengubah lingkungan tanah alami. Pencemaran ini biasanya terjadi karena: kebocoran limbah cair atau bahan kimia industri atau fasilitas komersial, penggunaan pestisida, masuknya air permukaan tanah tercemar ke dalam lapisan sub-permukaan, kecelakaan kendaraan pengangkut minyak, zat kimia, atau limbah, air limbah dari tempat penimbunan sampah serta limbah industri yang langsung dibuang ke tanah secara tidak memenuhi syarat (*illegal dumping*).

Ketika suatu zat berbahaya/beracun telah mencemari permukaan tanah, maka ia dapat menguap, tersapu air hujan dan atau masuk ke dalam tanah. Zat beracun di tanah tersebut dapat berdampak langsung kepada manusia ketika bersentuhan atau dapat mencemari air tanah dan udara di atasnya. Paparan kronis (terus menerus) terhadap benzena pada konsentrasi tertentu dapat meningkatkan kemungkinan terkena leukemia.



Gambar 3.2 Pencemaran tanah menimbulkan kerusakan lingkungan

B. Sumber Pencemaran Tanah

Berdasarkan sumbernya, pencemaran tanah dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu akibat aktivitas alam dan aktivitas manusia. Namun dalam hal ini yang banyak mempengaruhi pencemaran tersebut adalah akibat aktivitas manusia.

1. Aktivitas Alam

Sumber pencemar akibat aktivitas alam antar lain diakibatkan oleh kegiatan letusan gunung berapi, banjir, aliran larva. Dimana masing-masing sumber tersebut menghasilkan zat pencemar yang berbeda. Misalnya dari aktivitas :

- a. Letusan Gunung Berapi yang menghasilkan gas belerang dan belerangnya sendiri, sulfur, dan karbon oksida, dan lain-lain.
- b. Aliran larva yang dapat merubah struktur tanah, pH dan suhunya, sehingga tanah tak lagi sesuai dengan peruntukannya.

2. Aktivitas Manusia

Secara garis umum sumber pencemaran tanah akibat aktivitas manusia dapat dibedakan berdasarkan bentuk fisik pencemar dan jenis limbahnya, antara lain:

a. Limbah Domestik

Limbah domestik dapat berasal dari daerah: pemukiman penduduk, perdagangan/pasar/tempat usaha hotel dan lain-lain, kelembagaan misalnya: kantor-kantor pemerintahan dan swasta, dan wisata, dapat berupa limbah padat dan cair. Limbah padat berupa sampah anorganik. Jenis sampah ini tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme (*non degradable*), misalnya kantong plastik, bekas kaleng minuman, bekas botol plastik air mineral, dan sebagainya. Sedangkan limbah cair berupa: tinja, deterjen, oli, cat, jika meresap kedalam tanah akan merusak kandungan air tanah bahkan dapat membunuh mikroorganisme di dalam tanah.



Gambar 3.3 Pemilahan limbah domestik dilakukan oleh pengepul sampah

b. Limbah Industri

- 1) Limbah industri berupa limbah padat yang merupakan hasil buangan industri berupa padatan, lumpur, bubur yang berasal dari proses pengolahan. Misalnya sisa pengolahan pabrik gula, pilp, kertas, rayon, *plywood*, pengawetan buah, ikan daging dan lain-lain.
- 2) Limbah cair yang merupakan hasil pengolahan dalam suatu proses produksi, misalnya sisa-sisa pengolahan industri pelapisan logam dan industri kimia lainnya. Tembaga, timbal, perak, khrom, arsen dan boron adalah zat-zat yang dihasilkan dari proses industri.



Gambar 3.4 Tangki pembuangan limbah industri

c. Limbah Pertanian

Limbah ini berupa sisa-sisa pupuk sintetis untuk menyuburkan tanah/tanaman, misalnya pupuk urea. Pestisida pemberantas hama tanaman, misalnya DD.



Gambar 3.5 Efek tanah pasca pembuangan limbah pertanian dengan pestisida

Namun ada pula sumber pencemaran dari aktivitas manusia yang dibedakan berdasarkan tempat dan kegiatan yang dilakukan oleh manusia itu sendiri secara khusus, misalnya dampak yang diakibatkan oleh pencemaran tanah itu sendiri.

Contoh Soal 3.3:

Jelaskan jenis-jenis limbah yang menimbulkan sumber pencemaran tanah akibat aktivitas manusia!

Jawab :

- a) Limbah domestik, adalah limbah yang berasal dari daerah pemukiman penduduk, perdagangan/pasar/tempat usaha hotel, kelembagaan (misalnya: kantor-kantor pemerintahan dan swasta), dan wisata, serta dapat berupa limbah padat dan cair.
- b) Limbah industri, adalah limbah padat maupun limbah cair yang merupakan hasil buangan industri yang berasal dari proses pengolahan.
- c) Limbah pertanian, adalah limbah berupa sisa-sisa pupuk sintetis untuk menyuburkan tanah/tanaman (misalnya: pupuk urea).

C. Dampak yang Timbul Akibat Pencemaran Tanah**1. Pada Kesehatan**

Dampak pencemaran tanah terhadap kesehatan tergantung pada tipe polutan, jalur masuk ke dalam tubuh dan kerentanan populasi yang terkena. Kromium, berbagai macam pestisida dan herbisida merupakan bahan karsinogenik untuk semua populasi. Timbal sangat berbahaya pada anak-anak, karena dapat menyebabkan kerusakan otak, serta kerusakan ginjal pada seluruh populasi. Air raksa dan siklodiena dikenal dapat menyebabkan kerusakan ginjal, beberapa bahkan tidak dapat diobati. PCB dan siklodiena terkait pada keracunan hati. Organofosfat dan karbamat dapat menyebabkan gangguan pada saraf otot. Berbagai pelarut yang mengandung klorin merangsang perubahan pada hati dan ginjal serta penurunan sistem saraf pusat. Terdapat beberapa macam dampak kesehatan yang tampak seperti sakit kepala, pusing, letih, iritasi mata dan ruam kulit untuk paparan bahan kimia yang disebut diatas. Yang jelas, pada dosis yang besar, pencemaran tanah dapat menyebabkan kematian.

2. Pada Ekosistem

Perubahan kimiawi tanah yang radikal dapat timbul dari adanya bahan kimia beracun/berbahaya bahkan pada dosis yang rendah sekalipun. Perubahan ini dapat menyebabkan perubahan metabolisme dari mikroorganisme endemik dan antropoda

yang hidup di lingkungan tanah tersebut. Akibatnya bahkan dapat memusnahkan beberapa spesies primer dari rantai makanan, yang dapat member akibat yang besar terhadap predator atau tingkatan lain dari rantai makanan tersebut. Bahkan jika efek kimia pada bentuk kehidupan terbawah tersebut rendah bagian bawah piramida makanan dapat menelan bahan kimia asing yang lama kelamaan akan terkonsentrasi pada makhluk-makhluk penghuni piramida atas. Banyak dari efek-efek ini terlihat pada saat ini, seperti konsentrasi DDT pada burung menyebabkan rapuhnya cangkang telur, meningkatnya tingkat kematian anakan dan kemungkinan hilangnya spesies tersebut.

3. Pada Pertanian

Dampak pencemaran tanah terhadap pertanian terutama perubahan metabolisme tanaman yang pada akhirnya dapat menyebabkan penurunan hasil pertanian. Hal ini dapat menyebabkan dampak lanjutan pada konservasi tanaman dimana tanaman tidak mampu menahan lapisan tanah dari erosi. Beberapa bahan pencemar ini memiliki waktu paruh yang panjang dan pada kasus lain bahan-bahan kimia derivatif akan terbentuk dari bahan pencemar tanah utama.

4. Menurunkan Kesuburan Tanah

Di beberapa daerah pencemaran tanah akan menurunkan tingkat kesuburan tanah itu sendiri. Tanaman akan sulit hidup di tanah yang tercemar dan meskipun tingkat hidup ia akan menghasilkan produk yang belum tentu aman untuk dikonsumsi. Selain itu fauna tanah yang selama ini tinggal pasti juga akan terusik keberadaannya.

5. Pencemaran Udara

Sampah yang mencemari tanah secara perlahan akan terdekomposisi oleh bakteri dekomposer. Proses ini akan berlangsung dalam waktu yang lama dan membuat udara di sekitarnya menjadi tidak nyaman untuk dihirup. Seperti kita ketahui bahwa proses dekomposisi akan membuat sampah jadi membusuk dan mengeluarkan gas-gas berbau menyengat.

6. Wabah Penyakit

Dampak pencemaran tanah selanjutnya adalah penyebaran wabah penyakit berbahaya. Ya, betapapun tanah yang tercemar adalah tempat hidup yang nyaman bagi banyak pathogen penyebab penyakit. Sampah-sampah yang ada di atas permukaan juga adalah habitat bagi hewan penyebar penyakit seperti tikus dan serangga. Baik pathogen maupun hewan penyebar tersebut, keduanya adalah kombinasi tepat untuk

menularkan wabah penyakit dari tanah yang tercemar ke seluruh komponen biotik, termasuk manusia.

7. Merusak Estetika

Di banyak kota dan negara, pencemaran tanah berdampak pada rusaknya estetika atau keindahan ekosistem yang ada. Sampah yang menumpuk dan tersebar tentu tak sedap di pandang mata. Hal ini selain mengganggu bagi penghuni di sekitar tempat itu, tentu juga akan membuat wisatawan tidak tertarik untuk berkunjung ke daerah tersebut sehingga membuat mereka kehilangan pendapatan dari sektor pariwisata.

Contoh Soal 3.4:

Sebutkan bahan-bahan kimia yang berdampak pencemaran tanah terhadap kesehatan manusia!

Jawab :

Kromium, timbal, air raksa, siklodinea, PCB, organofosfat, karbamat, klorin.

D. Penanganan Pencemaran Tanah

Pencemaran tanah dapat ditangani dengan remediasi dan bioremediasi.

1. Remediasi

Remediasi adalah kegiatan untuk membersihkan permukaan tanah yang tercemar. Ada dua jenis remediasi tanah, yaitu: *in-situ (on-site)* dan *ex-situ (off-site)*. Pembersihan *on-site* adalah pembersihan di lokasi. Pembersihan ini lebih murah dan lebih mudah, terdiri dari pembersihan, venting (injeksi) dan bioremediasi. Pembersihan *off-site* meliputi penggalian tanah yang tercemar dan kemudian di bawa ke daerah yang aman. Setelah itu di daerah aman, tanah tersebut dibersihkan dari zat pencemar. Caranya yaitu, tanah tersebut disimpan di bak/tanki yang kedap, kemudian zat pembersih dipompakan ke bak/tanki tersebut. Selanjutnya zat pencemar dipompakan keluar dari bak yang kemudian diolah dengan instalasi pengolahan air limbah. Pembersihan *off-site* ini jauh lebih mahal dan rumit.

2. Bioremediasi

Bioremediasi adalah proses pembersihan pencemaran tanah dengan menggunakan mikroorganisme (jamur, bakteri). Bioremediasi bertujuan untuk memecah atau mendegradasi zat pencemar menjadi bahan yang kurang beracun atau tidak beracun (karbon dioksida dan air). Menurut Dr. Anton Muhibuddin, salah satu mikroorganisme yang berfungsi sebagai bioremediasi adalah jamur versikular arbuskular mikoriza

(vam). Jamur vam dapat berperan langsung maupun tidak langsung dalam remediasi tanah. Berperan langsung karena kemampuannya menyerap unsure logam dari dalam tanah dan berperan tidak langsung karena menstimulir pertumbuhan mikroorganisme bioremediasi lain seperti bakteri tertentu, jamur dan sebagainya.

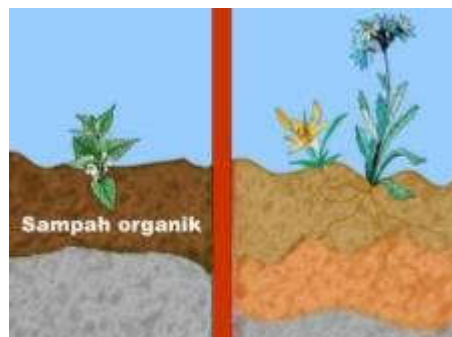
Ada 4 teknik dasar yang biasa digunakan dalam bioremediasi, yaitu:

- Stimulasi aktivitas mikroorganisme asli (di lokasi tercemar) dengan penambahan nutrien, pengaturan kondisi redoks, optimasi pH, dan sebagainya.
- Inokulasi (penanaman) mikroorganisme di lokasi tercemar, yaitu mikroorganisme yang memiliki kemampuan biotransformasi khusus.
- Penerapan *immobilized enzymes*
- Penggunaan tanaman untuk menghilangkan atau mengurangi pencemar.

E. Cara Menanggulangi Pencemaran Tanah

Penanganan khusus terhadap limbah domestik yang berjumlah sangat banyak diperlukan agar tidak mencemari tanah. Pertama sampah tersebut kita pisahkan kedalam sampah organik yang dapat diuraikan oleh mikroorganisme (*biodegradable*) dan sampah yang tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme (*nonbiodegradable*). Akan sangat baik jika setiap rumah tangga bisa memisahkan sampah atau limbah atas dua bagian yakni organik dan anorganik dalam dua wadah berbeda sebelum diangkut ketempat pembuangan akhir.

Sampah organik yang terbiodegradasi bisa diolah, misalnya dijadikan bahan urukan, kemudian kita tutup dengan tanah sehingga terdapat permukaan tanah yang dapat kita pakai lagi; dibuat kompos; khusus kotoran hewan dapat dibuat biogas dll sehingga dalam hal ini bukan pencemaran tanah yang terjadi tetapi proses pembusukan organik yang alami.



Gambar 3.6 Pemanfaatan sampah organik sebagai kompos

Namun demikian, semua bahan pencemar tersebut dapat dikurangi dengan melakukan beberapa kegiatan, antara lain:

1. Sampah anorganik yang tidak dapat diurai oleh mikroorganisme. Cara penanganan yang terbaik dengan daur ulang. Kurangilah penggunaan pupuk sintetis dan berbagai bahan kimia untuk pemberantasan hama seperti pestisida.
2. Limbah industri harus diolah dalam pengolahan limbah, sebelum dibuang ke sungai atau ke laut.
3. Kurangilah penggunaan bahan-bahan yang tidak bisa diuraikan oleh mikroorganisme (*nonbiodegradable*). Salah satu contohnya adalah dengan mengganti plastik sebagai bahan kemasan/pembungkus dengan bahan yang ramah lingkungan seperti dengan daun pisang atau daun jati.
4. Penanganan pestisida sebagai pencemar tanah ialah dengan tidak menggunakannya. Cara ini merupakan yang paling baik hasilnya, tetapi hama tanah mengakibatkan hasil produksi menurun.

PENUGASAN KELAS

1. Bentuklah kelompok kecil dan diskusikanlah tentang pencemaran tanah dan dampaknya!
2. Diskusikanlah dalam kelompok kecil tentang penanganan dan cara menanggulangi pencemaran tanah!

RANGKUMAN

1. Pencemaran tanah adalah keadaan dimana bahan kimia buatan manusia masuk dan mengubah lingkungan tanah alami. Pencemaran ini biasanya terjadi karena kebocoran limbah cair atau bahan kimia industri, penggunaan pestisida, masuknya air permukaan tanah tercemar ke dalam lapisan sub-permukaan, kecelakaan kendaraan pengangkut minyak, dan lain-lain.
2. Berdasarkan sumbernya, pencemaran tanah dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu akibat aktivitas alam dan aktivitas manusia. Sumber pencemar akibat aktivitas alam antara lain diakibatkan oleh kegiatan letusan gunung berapi, banjir, aliran lava. Sedangkan sumber pencemaran tanah akibat aktivitas manusia dapat dibedakan berdasarkan bentuk fisik pencemar dan jenis limbahnya, antara lain: limbah domestik, limbah industri, dan limbah pertanian.
3. Dampak pencemaran tanah terhadap kesehatan tergantung pada tipe polutan, jalur masuk ke dalam tubuh dan kerentanan populasi yang terkena. Dampak pencemaran tanah terhadap pertanian terutama perubahan metabolisme tanaman yang pada akhirnya dapat menyebabkan penurunan hasil pertanian. Di banyak kota dan negara, pencemaran tanah

berdampak pada rusaknya estetika atau keindahan ekosistem yang ada. Dampak yang ditimbulkan akibat pencemaran tanah yang lainnya adalah pada ekosistem, menurunkan kesuburan tanah, pencemaran udara, dan penyebaran wabah penyakit.

4. Penanganan pencemaran tanah terbagi menjadi 2 yaitu: remediasi dan bioremediasi. Remediasi adalah kegiatan untuk membersihkan permukaan tanah yang tercemar. Sedangkan bioremediasi adalah penanganan atau proses pembersihan pencemaran tanah dengan menggunakan mikroorganisme.
5. Penanganan khusus terhadap limbah domestik yang berjumlah sangat banyak diperlukan agar tidak mencemari tanah. Pertama sampah tersebut kita pisahkan ke dalam sampah organik yang dapat diuraikan oleh mikroorganisme (*biodegradable*) dan sampah yang tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme (*nonbiodegradable*). Namun demikian, semua bahan pencemar tersebut dapat dikurangi dengan melakukan beberapa kegiatan, salah satunya adalah kurangi penggunaan pupuk sintetis dan berbagai bahan kimia untuk pemberantasan hama seperti pestisida.

EVALUASI FORMATIF 2

1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan pencemaran tanah!
2. Sebutkan berbagai aktivitas alam yang mengakibatkan pencemaran tanah!
3. Mengapa tanaman akan sulit hidup di tanah yang tercemar?
4. Bagaimana teknik dasar yang biasa digunakan dalam bioremediasi?
5. Sebutkan beberapa kegiatan yang mengurangi semua bahan pencemar tanah!

KUNCI JAWABAN EVALUASI FORMATIF 2

1. Pencemaran tanah adalah keadaan dimana bahan kimia buatan manusia masuk dan mengubah lingkungan tanah alami. Pencemaran ini biasanya terjadi karena kebocoran limbah cair atau bahan kimia industri, penggunaan pestisida, masuknya air permukaan tanah tercemar ke dalam lapisan sub-permukaan, kecelakaan kendaraan pengangkut minyak, dan lain-lain.
2. a) Letusan Gunung Berapi yang menghasilkan gas belerang dan belerangnya sendiri, sulfur, dan karbon oksida, dan lain-lain.
b) Aliran larva yang dapat merubah struktur tanah, pH dan suhunya, sehingga tanah tak lagi sesuai dengan peruntukannya.

3. Karena di beberapa daerah pencemaran tanah akan menurunkan tingkat kesuburan tanah itu sendiri sehingga tingkat hidup tanaman akan menghasilkan produk yang belum tentu aman untuk dikonsumsi.
4. Teknik dasar yang biasa digunakan dalam bioremediasi antara lain: stimulasi aktivitas mikroorganisme asli (di lokasi tercemar) dengan penambahan nutrisi, pengaturan kondisi redoks, optimasi pH, dan sebagainya; inokulasi (penanaman) mikroorganisme di lokasi tercemar; penerapan *immobilized enzymes*; hingga penggunaan tanaman untuk menghilangkan atau mengurangi pencemar.
5.
 - a) Sampah anorganik yang tidak dapat diurai oleh mikroorganisme dengan cara penanganan yang terbaik dengan daur ulang serta mengurangi penggunaan pupuk sintetis dan berbagai bahan kimia untuk pemberantasan hama seperti pestisida.
 - b) Limbah industri harus diolah dalam pengolahan limbah, sebelum dibuang ke sungai atau ke laut.
 - c) Kurangilah penggunaan bahan-bahan yang tidak bisa diuraikan oleh mikroorganisme dengan salah satu contohnya adalah mengganti plastik sebagai bahan kemasan/pembungkus dengan bahan yang ramah lingkungan seperti dengan daun pisang atau daun jati.
 - d) Penanganan pestisida sebagai pencemar tanah ialah dengan tidak menggunakannya.

Lembar Kerja Praktek 2

Kegiatan Pembelajaran 3: TITIK PENGAMBILAN SAMPEL TANAH

KEMAMPUAN AKHIR YANG DIHARAPKAN

1. Mahasiswa mampu menjelaskan dan memahami tentang pengambilan sampel tanah
2. Mahasiswa mampu menjelaskan metode sampling tanah
3. Mahasiswa mampu menganalisis kedalaman sampling tanah

URAIAN MATERI

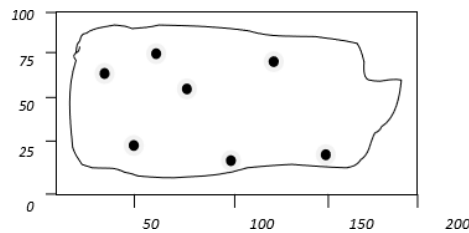
A. Pengambilan Sampel Tanah

Pengambilan sampel tanah dapat dilakukan dan disesuaikan dengan tujuan sebagai berikut yaitu:

1. Pengambilan Sampel Sesaat (*Grab Sample*) adalah sampel yang menunjukkan sifat sampel pada saat diambil.
2. Pengambilan Sampel Gabungan Waktu (*Composite Time Sample*) adalah campuran beberapa sampel yang diambil pada titik yang sama pada waktu yang berbeda.
3. Pengambilan Sampel Gabungan Tempat (*Composite Place Sample*) adalah campuran beberapa sampel yang diambil dari beberapa titik tertentu dengan volume dan waktu yang sama.
4. Pengambilan Sampel Terpadu (*Integrated Sample*) adalah campuran beberapa sampel gabungan waktu dan tempat.

Titik pengambilan sampel tanah sangat tergantung pada luas dan kondisi tanah yang tercemar maupun karakteristik dan mobilitas polutan didalam tanah. Apabila komposisi polutan dan pengaruhnya diketahui, sampel yang harus diambil terbatas pada lokasi tanah yang tercemar dan yang tidak tercemar sebagai pembanding atau kontrol untuk mengetahui konsentrasi polutan sehingga kualitas tanah sebenarnya dapat diketahui.

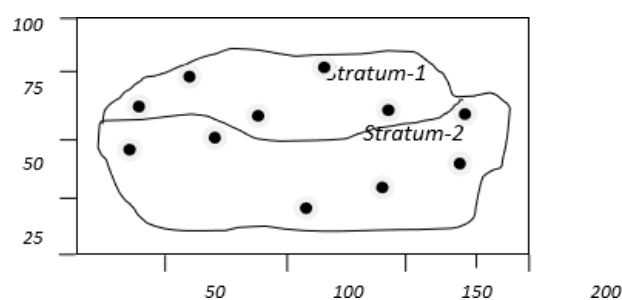
Jika pencemaran (untuk lebih konteksnya dapat dilihat di Kegiatan Pembelajaran 2: Pencemaran Tanah) telah diketahui berdasarkan pengamatan visual, seperti perubahan warna dan bau atau tidak adanya vegetasi karena tumpahan, kebocoran, atau kelindian zat kimia, namun belum diketahui jenis bahan pencemarnya. Langkah awal pengambilan sampel didesain untuk analisis kualitatif agar jenis dan karakteristik polutannya dapat diketahui. Informasi yang diperoleh dapat digunakan untuk menentukan titik pengambilan dan jumlah sampel.



Gambar 3.7 Pengambilan sampel tanah secara acak sederhana

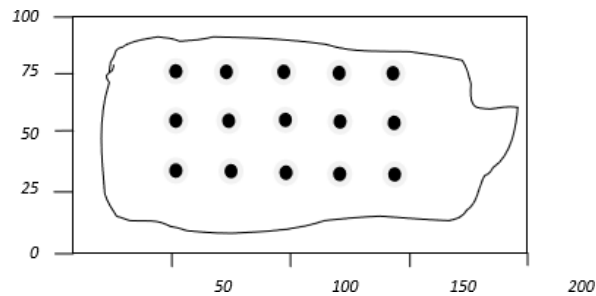
Pertama, cara acak sederhana dipilih apabila kondisi lokasi pengambilan diasumsikan cenderung homogenitas dan variabilitas komposisi kimiawi tanahnya rendah, sebagai contoh daerah perkebunan, persawahan, dan lain-lain. Untuk menghindari bias yang dilakukan oleh pengambil sampel, cara acak sederhana sangat baik dilakukan menuju ke lapangan.

Yang kedua, pengambilan sampel tanah dengan cara acak stratifikasi digunakan untuk mengetahui kualitas tanah tiap stratum. Cara tersebut dapat meningkatkan presisi pengambilan sampel sehingga hasilnya dapat menggambarkan kualitas tanah yang lebih representatif. Cara itu diterapkan pada daerah yang mempunyai topografi, jenis vegetasi, tipe tanah, atau perkiraan paparan kontaminan yang berbeda. Apabila cara acak stratifikasi diterapkan, presampling untuk mendefinisikan pembagian strata berdasarkan perbedaan tanah secara fisik atau kontaminan yang ada harus dilakukan terlebih dahulu. Kegiatan itu dilakukan berdasarkan informasi sebelumnya atau survei pendahuluan. Dengan cara kedua ini, kualitas tanah setiap bagian dapat diketahui lebih detail berdasarkan stratum yang telah ditetapkan.



Gambar 3.8 Pengambilan sampel tanah secara acak stratifikasi

Terakhir, untuk mendapatkan gambaran kualitas tanah di daerah tertentu yang lebih detail dengan presisi tinggi, pengambilan sampel tanah secara sistematis dapat dilakukan. Pengambilan secara sistematis diawali dengan penentuan satu titik acuan yang dilakukan secara acak. Titik-titik pengambilan yang lain lalu ditentukan berdasarkan titik acuan tersebut dengan interval yang sama antara satu titik dan titik lainnya.



Gambar 3.9 Pengambilan sampel tanah secara sistematis

Apabila pengambilan sampel berdasarkan kedalaman diperlukan karena suatu alasan, tingkat kedalaman yang direkomendasikan tergantung pada tujuan dan kondisi tanah yang akan diambil. Pengambilan sampel tanah pada kedalaman 0-30 cm diperlukan untuk mengetahui kualitas humus atau daerah aktivitas akar tanaman. Sementara itu, pengambilan pada kedalaman 30-100 cm diperlukan untuk mengetahui pengendalian simpanan air tanah, pergerakan zat-zat dalam tanah, dan tingkat kepadatan tanah. Ada pun pengambilan sampel permukaan tanah, yaitu pada kedalaman kurang dari 5 cm, diperlukan untuk mengetahui deposisi asam akibat pengaruh hujan asam.

Untuk meminimalisasi biaya yang dibutuhkan dalam pengambilan sampel dan analisis kualitas tanah, dapat diterapkan cara komposit kedalaman, yaitu pengambilan sampel pada kedalaman tertentu dengan peralatan pengambilan sampel *core*. Tanah yang telah diambil lalu dicampur sehomogen mungkin. Kemudian sub-sampel diambil untuk analisis laboratorium. Disamping dapat menekan biaya, penggunaan cara tersebut lebih mudah dilakukan meskipun semua informasi tentang variabilitas kedalaman tidak dapat diketahui dengan pasti.

Namun demikian, penentuan jumlah titik pengambilan sampel disesuaikan dengan tujuan dan kondisi lahan untuk memenuhi keterwakilan pengambilan sampel. Karena itu, setiap kuadran dapat diambil lebih dari satu titik pengambilan sampel.

Contoh Soal 3.5:

Dimana lokasi pengambilan sampel tanah secara acak sederhana?

Jawab :

Lokasi pengambilan sampel tanah secara acak sederhana diasumsikan cenderung homogenitas dan variabilitas komposisi kimiawi tanahnya rendah, sebagai contoh di daerah perkebunan, persawahan, dan lain-lain.

B. Metode Sampling

Jenis metode sampling tanah utama yang biasanya dilakukan di lapangan dan secara sederhana, adalah sebagai berikut:

1. Sampling lapisan tanah permukaan secara *grab*. Sampling ini menggunakan peralatan seperti sekop dari metal, plastik dan kayu. Lapisan tanah yang tercemar dapat berada di antara dua titik sampling yang dipilih. Peralatan yang digunakan untuk mengambil sampel di satu titik sampling harus dalam keadaan benar-benar bersih. Metode sampling tanah permukaan secara *grab* ini dapat juga digunakan pada lokasi yang jenis tanah permukaannya beragam.
2. Teknik pengambilan *Manual Shallow Sub Surface*. Metode ini banyak dikerjakan secara manual menggunakan peralatan seperti bor tangan, pipa pendesak dan sekop untuk mendapatkan sampel tanah dari lapisan tanah paling atas. Alat tersebut dapat juga digunakan pada berbagai tekstur lapisan tanah. Kedua teknik mempunyai keuntungan karena lebih murah dan menggunakan peralatan yang mudah digunakan, tidak memerlukan latihan khusus, sampling dapat dilakukan dengan cepat, dan teknik *init deal* dilakukan untuk survei pendahuluan. Akan tetapi teknik membutuhkan waktu dan titik tepat untuk pengambilan sampel padat kasar atau sampel tanah kering.
3. Pemboran Kedalaman *Sub Surface*. Teknik ini biasanya menggunakan traktor atau alat berat yang lain. Metode ini lebih banyak menggunakan alat dan waktu, tetapi lebih cepat dari pada penggalian manual pada kedalaman 1 m, dimana teknik ini menghasilkan banyak sampel atau sampel yang sulit diambil. Potensial pencemaran sampel atau hilangnya unsur-unsur dalam sampel dapat terjadi akibat perlakuan yang memenuhi prosedur atau teknik penyimpanan yang tidak memperhatikan faktor-faktor yang dapat menyebabkan kesalahan dalam analisa sampel. Beberapa hal tersebut harus dihindari. Sekali waktu untuk menghindari kesalahan perlu perlu mengambil dua sampel. Satu sampel untuk analisa logam dikemas dalam wadah plastik, sedang sampel lain untuk analisa bahan organik dikemas dalam wadah dari bahan logam atau gelas.
4. *Trial pit Trech*. Metode penggalian ini dapat dilakukan dengan alat penggali mekanik atau *back hoe*. Metode ini jarang digunakan untuk pengambilan sampel pada kedalaman lebih dari 5 m. Meskipun demikian sampel yang diambil dengan metode ini cukup mewakili. Hanya saja metode ini sukar dilakukan dengan

penggalian manual. Petugas sampling tidak dapat mencapai pada lubang galian pada kedalaman tertentu. Bagaimanapun juga pemilihan prosedur sampling harus memperhatikan bahan yang akan diambil dan perlengkapan sampling. Harus diupayakan untuk mendapatkan sampel yang homogeni, representatif dari lokasi pengambilan sampel tanah, kemudian harus diperhatikan juga pencampuran dan penyimpanan sampel. Sehingga harus diutamakan bagaimana memilih peralatan sampling yang tepat untuk mendapatkan sampel tanah atau sampel lain akan berpengaruh pada ketepatan hasil analisa.

5. Untuk menghindari kesalahan pemilihan titik sampling harus dilakukan beberapa cara sampling yang tepat. Beberapa kelompok sampel tanah harus dipisahkan setelah sampel kering dengan cara mengayak. Sampel diayak mencapai diameter 2 mm. Untuk mengetahui tingkat pencemaran pada profil sampel dari hasil galian satu lubang atau lebih, sebaiknya diambil contoh tanah yang pertama dari dasar galian, baru kemudian diambil pada bagian permukaan. Peralatan harus dibersihkan setiap pengambilan sampel baru.

C. Kedalaman Sampling

Beberapa faktor yang harus diperhatikan untuk menentukan kedalaman tanah yang akan disampling, yaitu:

1. kegunaan hasil analisa.
2. latar belakang situs tanah.
3. tingkat pencemaran tanah.
4. profil tanah.
5. tujuan analisa tanah.

Parameter utama kedalaman sampling tanah terdiri dari: jumlah sampel tanah, berat sampel, ukuran dan label sampel, serta waktu sampling.

1. Jumlah Sampel

Jumlah sampel yang dikumpulkan tergantung dari beberapa faktor dan membutuhkan perkiraan yang akurat dari setiap sampling. Diperlukan perhitungan statistik yang sesuai dari jumlah sampel yang akan diambil, seperti perhitungan secara geometri. Jumlah sampel yang akan diambil dengan perkiraan statistik yang akurat dapat dihitung dengan uji statistik secara analisa varian atau geometrik. Jumlah sampel tergantung dari metode sampling tanah yang dipilih dan bervariasi (untuk luas permukaan 1000 m²) dari 5 sampel untuk penyelidikan awal sampai 50 sampel untuk

penyelidikan detail (lanjut). Untuk lokasi dimana terjadi pencemaran tanah, sebaiknya diambil sampel dalam jumlah yang besar untuk preparasi awal dan analisisnya. Sampling tanaman dianjurkan terutama jika terdapat kejanggalan seperti jika nampak adanya tanaman yang mati. Tanaman merupakan indikator dari adanya pencemaran tanah yang serius. Sampel tanah dan tanaman dianjurkan diambil pada saat yang sama dan dianggap sebagai sampel tercemar. Sampel ini bermanfaat mengetahui konsentrasi bahan pencemar.

2. Berat Sampel

Berat sampel tanah yang diambil berkisar 1000 gr setiap titik sampling pada satu lubang galian. Jumlah itu sudah cukup untuk analisa parameter fisik dan kimia yang dikehendaki untuk tujuan analisa pengawasan kualitas dan analisa tambahan yang diperlukan pada saat itu. Beberapa metode telah dikembangkan untuk mengestimasi berat sampel yang akan diambil, sehingga pada tingkat penentuan awal sampling tidak terjadi kesalahan. Pada kasus yang mendesak metode sampling yang digunakan hanya mendapatkan sampel yang sedikit, hal ini dapat diatasi dengan mengambil kembali sampel tersebut. Sebaiknya petugas sampling mengambil sampel sedikitnya 200 gr setiap lubang yang digali. Dimana berat sampel 200 gr ini adalah berat minimum untuk memastikan kebutuhan sampel untuk analisa parameter fisik atau untuk uji kualitas dan uji prosedur.

3. Ukuran dan Label Sampel

Ukuran sampel dan pelabelan sampel merupakan hal penting dalam sampling dan analisa serta interpretasi. Sehingga data-data yang diperoleh harus dikumpulkan dengan teliti. Seperti data geologi tanah, seharusnya menjadi kebiasaan bagi petugas sampling untuk dicantumkan. Pada berbagai kondisi cuaca, karena kurangnya pengalaman petugas sampling, dapat mengakibatkan kesalahan atau melupakan hal-hal prinsip dalam sampling. Tabel berfungsi sebagai *checklist* untuk mempermudah pengumpulan data sampling. Hal semacam ini sangat penting untuk penataan sampling tanah dan lokasi setiap sampel.

4. Waktu Sampling

Suatu sampling dapat dipertimbangkan sesuai dengan rencana yang telah dibuat. Sampling dapat dilakukan pada waktu yang tepat pada saat terjadi pencemaran bahan kimia pada konsentrasi mencapai puncaknya. Sampling tidak boleh segera dilaksanakan setelah hujan lebat, karena pada saat itu tanah tergenang oleh air. Atau

pada saat terjadi tiupan angin kencang dengan kecepatan diatas 40 km/jam. Perubahan temporal sekecil apapun akan berpengaruh pada pencemaran tanah.

Tabel 3.3. Checklist untuk Pengambilan Sampel

Parameter	Tanah	Tanaman	Limbah cair	Air dalam	Air permukaan
Nomor sampel	+	+	+	+	+
Nama petugas	+	+	+	+	+
Lokasi sampling	+	+	+	+	+
Tanggal sampling	+	+	+	+	+
Waktu sampling	+	+	+	+	+
Kedalam sampling	+	+	+	+	+
Deskripsi lokasi sampling)*	-	-	-	-	-
Tanaman di sekitar lokasi	+	+	-	-	-
Topografi	+	+	+	+	+
Kondisi terakhir lokasi	+	+	-	-	-
Latar belakang lokasi	+	+	-	-	-
Tujuan pemiliha lokasi	+	+	-	-	-
Cuaca (hari saat dan sebelum sampling)	+	+	+	+	+
Gejala visual)*	-	-	+	-	-
Deskripsi tanah (spesifikasi dan ciri umum)*	+	-	-	-	-
Warna)**	+	-	+	+	+
Bau)**	+	-	-	-	-

Kejernihan	-	-	+	+	+
Kekeruhan	-	-	+	+	+
Parameter terukur					
Suhu	+	+	+	+	+
Kelembaban	+	-	-	-	-
CO ₃	+	-	-	-	-
pH	+	-	+	+	+
Daya hantar listrik	+	-	+	+	+
DO	+	-	+	+	+

Keterangan:

-)* Tidak mutlak diperlukan pada sampel (yang diambil dari tempat yang sama).
-)** Dapat dijelaskan dengan keterangan seperti sangat lemah, cukup kuat, sangat kuat, dan digolongkan menjadi bau tanah, bau apel, bau obat, amis, aromatik, dll. Warna untuk tanah dapat diambil dari grafik warna tanah.

Contoh Soal 3.6:

Mengapa tabel *checklist* untuk pengambilan sampel sangat penting dalam hal ukuran dan perlabelan sampel?

Jawab :

Karena tabel *checklist* difungsikan untuk penataan sampling tanah dan lokasi setiap sampel supaya mempermudah dari pengumpulan data sampling.

PENUGASAN KELAS

1. Bentuklah kelompok kecil dan diskusikanlah tentang pengambilan sampel tanah dan metodenya!
2. Diskusikanlah dalam kelompok kecil mengenai kedalaman sampling tanah!

RANGKUMAN

1. Pengambilan sampel tanah dapat dilakukan dan disesuaikan dengan tujuan yaitu:
 - Pengambilan Sampel Sesaat (*Grab Sample*)
 - Pengambilan Sampel Gabungan Waktu (*Composite Time Sample*)
 - Pengambilan Sampel Gabungan Tempat (*Composite Place Sample*)

- Pengambilan Sampel Terpadu (*Integrated Sample*)
2. Titik pengambilan sampel tanah sangat tergantung pada luas dan kondisi tanah yang tercemar maupun karakteristik dan mobilitas polutan didalam tanah.
 3. Cara acak sederhana dipilih apabila kondisi lokasi pengambilan diasumsikan cenderung homogenitas dan variabilitas komposisi kimiawi tanahnya rendah. Pengambilan sampel tanah dengan cara acak stratifikasi digunakan untuk mengetahui kualitas tanah tiap stratum. Untuk mendapatkan gambaran kualitas tanah di daerah tertentu yang lebih detail dengan presisi tinggi, pengambilan sampel tanah secara sistematis dapat dilakukan.
 4. Jenis metode sampling tanah utama yang biasanya dilakukan di lapangan yaitu:
 - Sampling lapisan tanah permukaan secara *grab*.
 - Teknik pengambilan *Manual Shallow Sub Surface*.
 - Pemboran Kedalaman *Sub Surface*.
 - *Trial pit Trech*.
 5. Beberapa faktor yang harus diperhatikan untuk menentukan kedalaman tanah yang akan disampling yaitu: kegunaan hasil analisa, latar belakang situs tanah, tingkat pencemaran tanah, profil tanah, dan tujuan analisa tanah.
 6. Parameter utama kedalaman sampling tanah terdiri dari: jumlah sampel tanah, berat sampel, ukuran dan label sampel, serta waktu sampling.

EVALUASI FORMATIF 3

1. Apa yang dimaksud dengan pengambilan sampel terpadu?
2. Di daerah manakah yang dapat diterapkan dengan cara acak stratifikasi?
3. Bagaimana meminimalisasi biaya yang dibutuhkan dalam pengambilan sampel dan analisis kualitas tanah?
4. Jelaskan metode *Manual Shallow Sub Surface*!
5. Mengapa metode *Trial pit Trech* sulit dilakukan dengan penggalian manual?
6. Berapa berat sampel yang akan diambil untuk pemeriksaan fisik tanah?
7. Kapan melakukan sampling tanah pada saat yang tepat?

KUNCI JAWABAN EVALUASI FORMATIF 3

1. Pengambilan sampel terpadu adalah adalah campuran beberapa sampel gabungan waktu dan tempat.

2. Di daerah yang mempunyai topografi, jenis vegetasi, tipe tanah, atau perkiraan paparan kontaminan yang berbeda.
3. Dapat diterapkan cara komposit kedalaman, yaitu pengambilan sampel pada kedalaman tertentu dengan peralatan pengambilan sampel *core*.
4. Metode *Manual Shallow Sub Surface* banyak dikerjakan secara manual menggunakan peralatan seperti bor tangan, pipa pendesak dan sekop untuk mendapatkan sampel tanah dari lapisan tanah paling atas. Alat tersebut dapat juga digunakan pada berbagai tekstur lapisan tanah.
5. Karena petugas sampling dengan metode *Trial pit Trech* tidak dapat mencapai pada lubang galian pada kedalaman tertentu.
6. 1000 gram.
7. Sampling tanah dilakukan pada saat terjadi pencemaran bahan kimia pada konsentrasi mencapai puncaknya.

Lembar Kerja Praktek 3

Kegiatan Pembelajaran 4: PEMERIKSAAN PARAMETER FISIK TANAH

KEMAMPUAN YANG DIHARAPKAN

1. Mahasiswa mampu menjelaskan tentang pemeriksaan parameter fisik dari sampel tanah
2. Mahasiswa mampu mengaplikasikan parameter fisik tanah baik di lapangan maupun laboratorium

URAIAN MATERI

Saudara mahasiswa, setelah Kegiatan Pembelajaran 3 kita selesai, maka kita melanjutkan ke topik berikutnya yaitu Kegiatan Pembelajaran 4 yang akan melakukan kegiatan pemeriksaan baik di lapangan maupun laboratorium. Topik ini saudara diharuskan melakukan pemeriksaan parameter fisik tanah dari sampel yang telah diambil di lapangan. Kegiatan pembelajaran ini membahas tentang pemeriksaan parameter fisik dari sampel tanah yang telah diambil untuk diperiksa antara lain: temperatur tanah, berat jenis tanah dan kadar air tanah.

Pada kegiatan pembelajaran ini pembahasannya dimulai dengan mengupas cara pemeriksaan temperatur (suhu) tanah, berat jenis tanah dan kadar air tanah. Selanjutnya mari kita bahas satu-persatu agar saudara lebih mengerti dan memahami isi dari kegiatan pembelajaran ke-4 tersebut dan terampil dalam melakukan praktikum.

A. Suhu Tanah

Suhu tanah adalah suatu sifat tanah yang sangat penting, secara langsung mempengaruhi pertumbuhan tanaman, dan juga terhadap kelembaban, aerasi, struktur, aktivitas *microbial*, dan enzimatik, dekomposisi serasah/sisa makanan dan ketersediaan hara-hara tanaman. Suhu tanah merupakan salah satu faktor tumbuh tanaman yang penting sebagaimana halnya air, udara dan unsur hara. Proses kehidupan biji, akar tanaman dan mikroba tanah secara langsung dipengaruhi oleh suhu tanah. Laju reaksi kimiawi meningkat dua kali lipat untuk setiap 10° kenaikan suhu.

Suhu tanah merupakan hasil dari keseluruhan radiasi yang merupakan kombinasi emisi panjang gelombang dan aliran panas dalam tanah. Suhu tanah biasa disebut intensitas panas dalam tanah dengan satuan derajat celsius, fahrenheit, kelvin dan lain-lain. Suhu tanah dapat diukur dengan menggunakan alat yang dinamakan termometer tanah selubung logam. Suhu tanah ditentukan oleh panas matahari yang menyinari bumi.

Faktor eksternal (lingkungan) dan internal (dalam bumi) menyumbang perubahan-perubahan suhu tanah. Suhu merupakan faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Suhu berkorelasi positif dengan radiasi matahari. Suhu tanah maupun udara mempengaruhi di sekitar tajuk tanaman. Tinggi rendahnya suhu di sekitar tanaman ditentukan oleh radiasi matahari, kerapatan tanaman, distribusi cahaya dalam tajuk tanaman, kandungan lengas tanah.

Suhu mempengaruhi beberapa proses fisiologi penting yaitu: bukaan stomata, laju transpirasi, laju penyerapan air dan nutrisi, fotosintesis, dan respirasi peningkatan derajat panas sampai titik optimum akan diikuti oleh peningkatan proses di atas. Setelah melewati titik optimum, proses tersebut mulai dihambat baik secara fisik maupun kimia, menurunnya aktivitas enzim (enzim terdegradasi). Pengukuran suhu dilakukan pada berbagai kedalaman, yaitu 5; 10; 20; 50 dan 100 cm dari permukaan tanah. Pengukuran bisa dilakukan pada tanah berumput pendek dan pada areal terbuka. Seperti diketahui bahwa suhu tanah berpengaruh terhadap penyerapan air. Semakin rendah suhunya maka semakin sedikit air yang diserap oleh akar, karena itu penurunan suhu tanah mendadak dapat menyebabkan kelayuan tanaman.

Peningkatan suhu di sekitar iklim mikro tanaman akan menyebabkan cepat hilangnya kandungan lengas tanah. Peranan suhu berkaitan dengan hilangnya lengas tanah melewati mekanisme transpirasi dan evaporasi. Peningkatan suhu terutama suhu tanah dan iklim mikro di sekitar tajuk tanaman akan mempercepat kehilangan lengas tanah terutama pada musim kemarau. Pada musim kemarau, peningkatan suhu iklim mikro tanaman berpengaruh negatif terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman terutama pada daerah yang lengas tanahnya terbatas. Pengaruh negatif suhu pada lengas tanah dapat melalui perlakuan pemulsaan (mengurangi evaporasi dan transpirasi).

Suhu biasanya diamati pada kedalaman 5; 10; 20; 50 dan 100 cm. Untuk keperluan ini telah dibuat termometer sesuai dengan kedalamannya. Pengukuran suhu tanah dilakukan pada tanah yang tertutup oleh rumput maupun tanah yang terbuka. Pengukuran biasanya dilakukan dalam areal stasiun pengamatan. Areal tidak boleh ternaungi dan tergenang air, hal ini harus dihindari. Termometer dilindungi dengan pagar kawat dan dijaga agar tanah disekitarnya tidak terganggu. Prinsip kerja termometer tanah hampir sama dengan termometer biasa, hanya bentuk dan panjangnya berbeda. Pengukuran suhu tanah lebih teliti daripada suhu udara. Perubahannya lambat sesuai dengan sifat kerapatan tanah yang lebih besar daripada udara. Sampai kedalaman 20 cm digunakan termometer air raksa

dalam tabung gelas dengan bola ditempatkan pada kedalaman yang diinginkan. Ciri-ciri dari termometer tanah adalah pada bagian skala dilengkungkan, hal ini dibuat adalah untuk memudahkan dalam pembacaan termometer dan menghindari kesalahan paralaks.



Gambar 3.10 Termometer tanah

Termometer tanah untuk kedalaman 50 dan 100 cm bentuknya berbeda dengan kedalaman lain. Termometer berada dalam tabung gelas berisi paraffin, kemudian tabung diikat dengan rantai lalu diturunkan dalam selongsong tabung logam ke dalam tanah sampai kedalaman 50 cm atau 100 cm. Pembacaan dilakukan dengan mengangkat termometer dari dalam tabung logam, kemudian dibaca. Adanya paraffin untuk memperlambat perubahan suhu ketika thermometer terbaca di udara. Termometer tanah pada kedua kedalaman ini bisa merupakan suatu kapiler yang panjang dari mulai permukaan tanah, mudah sekali patah apabila tanah bergerak turun atau pecah karena kekeringan.

Kisaran suhu di seluruh permukaan bumi sangat besar. Penyebab variasi yang sangat besar adalah garis lintang dan waktu. Perubahan musim sangat besar di pusat benua. Namun, fitur topografi mempengaruhi variasi suhu tunggal 10°C . Titik rendah di ladang memiliki pertumbuhan tanaman yang lebih rendah (33-50%) dibanding bagian lain dari bidang yang sama karena formasi es lebih mungkin terjadi. Pada bukit, penurunan paparan sinar matahari mempengaruhi suhu lokal. Perbedaan suhu udara di atas tanah hanya mempengaruhi lapisan paling atas tanah karena tanah adalah konduktor sangat buruk. Variasi suhu tahunan 30°C di udara berkurang sampai 15°C . Pada kedalaman 0,8 meter yaitu $0,5^{\circ}\text{C}$. Konduksi panas tanah kasar sangat lambat sehingga siklus suhu jauh di dalam tanah merupakan kebalikan dari variasi musim pada survei di belahan bumi utara.

Berikut siklus suhu menurut kedalaman tanah:

- ↓ Pada 3 m suhu terendah pada bulan Maret/April, dan pada suhu tertinggi pada bulan September/Oktober.
- ↓ Pada 7-11 m suhu terendah pada bulan Agustus, dan suhu tertinggi pada bulan Februari.
- ↓ Tapi variasinya sangat kecil – lihat di atas.

Cara melakukan pengukuran suhu tanah:

1. Dilubangi tanah dengan kedalaman 0, 5, 10, 20, 30 dan 50 cm.
2. Dimasukkan thermometer ke dalam rongga tanah yang telah dilubangi tersebut.
3. Tunggu selama 5 menit untuk setiap lubang yang akan diperiksa.
4. Diperiksa dan diamati skala temperaturnya.
5. Dicatat hasil pengamatan ke dalam buku catatat dalm bentuk tabel.
6. Kemudian bisa digambar grafik hasil pengukuran hubungan suhu tanah dengan kedalaman, suhu tanah dengan waktu dan suhu tanah dengan suhu udara.

B. Pengukuran Berat Jenis Tanah

Berat jenis tanah (*specific grafitry*) adalah angka perbandingan antara berat isi butir tanah dengan berat isi air suling pada volume yang sama dan suhu tertentu. Berat jenis tanah sangat penting diketahui yang selanjutnya digunakan dalam perhitungan-perhitungan mekanika tanah.

Faktor-faktor yang mempengaruhi berat jenis tanah adalah:

1. Tekstur tanah, partikel-partikel tanah yang ukuran partikelnya kasar, memiliki nilai berat jenis yang tinggi, misalnya pasir, ukuran partikel pasir lebih besar dari pada ukuran partikel liat sehingga berat jenis pasir lebih tinggi dari pada liat dan sebaliknya.
2. Bahan organik tanah, merupakan penimbunan dari sisa-sisa tanaman dan binatang yang sebagian telah mengalami pelapukan dan pembentukan kembali. Bahan organik tanah memiliki berat jenis tanah yang cukup sedikit. Semakin banyak kandungan bahan organik tanah, menyebabkan semakin rendahnya berat jenis tanah.

C. Hubungan Berat Isi dan Berat Jenis Tanah

Berat Isi dan Berat Jenis tanah saling berhubungan. Salah satu manfaat nilai berat isi tanah, yaitu untuk menghitung porositas. Untuk menghitung porositas kita harus mengetahui berat jenis partikelnya terlebih dahulu. Sedangkan salah satu manfaat berat jenis, yaitu untuk menentukan perhitungan ruang pori dalam tanah. Untuk menghitung ruang pori dalam tanah, kita harus mengetahui berat isi tanah terlebih dahulu.

D. Pengaruh Pengolahan Lahan

Pengaruh terhadap pengolahan lahan dari berat isi dan berat jenis tanah sangat banyak, di antaranya dalam proses infiltrasi tanah, jika sebuah tanah memiliki rongga atau pori-pori yang banyak maka penyerapan air akan baik atau cepat. Seperti halnya pada tanah berpasir, tanah ini sering digunakan dalam pembuatan lapangan sepak bola yang memerlukan penyerapan air lebih cepat namun tidak untuk media pembudidayaan tanaman.

Pengaruh pengolahan tanah terhadap berat isi pada 3 minggu setelah tanam. Pengolahan lahan sangat diperlukan untuk menjaga kesuburan tanah. Tanah yang berstruktur mantap berat isinya juga akan tinggi. Itu dikarenakan tanah tersebut memiliki kerapatan yang tinggi, sehingga akar dari tumbuhan atau tanaman tersebut akan sulit menembus atau memecah tanah dan air akan sulit untuk meresap kedalam tanah, sehingga air akan mudah tergenang di atas permukaan tanah. Untuk mengatasi itu, maka diperlukan pengolahan tanah yang baik, diantaranya dengan cara membajak tanah dan menggemburkan tanah. Dengan membajak tanah, akan membuat rongga atau pori-pori dalam tanah menjadi lebih banyak, sehingga penyerapan air, udara, dan berbagai mineral yang dibutuhkan tanaman dapat lebih mudah.

Dalam mempelajari berat isi dan berat jenis tanah dapat ditentukan berapa pupuk yang dibutuhkan untuk pemupukan lahan tersebut sehingga kita dapat meminimalisir pemakaian pupuk. Dengan kata lain dalam teorinya, pengolahan lahan dapat mengurangi berat isi dan berat jenis tanah pada suatu jenis lahan. Sehingga akar tanaman bisa menembus tanah dengan baik dan tanaman bisa tumbuh dengan subur, baik pada lahan semusim, lahan produksi, dan lahan kampus.

E. Prosedur Pemeriksaan Berat Jenis Tanah

Peralatan yang diperlukan:

1. Picnometer kapasitas 50 ml
2. Oven dilengkapi dengan pengatur suhu hingga 115°C
3. Neraca dengan ketelitian 0,01 gr
4. Thermometer ukuran 0 – 100°C dengan ketelitian 1°C
5. Saringan no. 40/40 mesh
6. Botol berisi aquades
7. Kompor
8. Bak perendam

Cara melakukan:

1. Sampel tanah ditumbuk agar butiran terlepas sehingga dapat disaring pada saringan 40 mesh.
2. Kemudian sampel tanah dikeringkan dalam oven dengan suhu 110°C selama 24 jam lalu dinginkan.
3. Cuci picnometer dan keringkan.
4. Timbang picnometer dengan tutupnya sebagai (W_1)
5. Masukkan sampel uji ke dalam picnometer hingga mencapai 1/3 volume, lalu timbang dan catat sebagai (W_2).
6. Tambahkan air ke dalam picnometer sebanyak 1/3 volume sehingga isi picnometer menjadi 2/3 bagian.
7. Didihkan picnometer di kompor untuk mengeluarkan udara yang terjebak di dalamnya, kemudian angkat.
8. Rendam picnometer dalam wadah/bak rendaman selama 24 jam.
9. Ukur suhu rendaman air dengan termometer.
10. Akibat perendaman, air dalam picnometer akan berkurang, tambahkan air lagi hingga posisi 2/3 picnometer.
11. Keringkan bagian luar picnometer dan timbang kemudian catat sebagai (W_3).
12. Keluarkan isi picnometer lalu bersihkan.
13. Isi picnometer dengan aquades hingga 2/3 volume picnometer kemudian timbang catat sebagai (W_4).

Perhitungan: Berat Jenis tanah (GS) dapat dihitung dengan rumus :

$$GS = \frac{(W_2 - W_1)}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)} \quad (3-1)$$

Dimana :

W_1 = berat labu ukur (gr)

W_2 = berat labu ukur + tanah (gr)

W_3 = berat labu ukur + tanah + air (gr)

W_4 = berat labu ukur + air pada temperatur ($T^\circ\text{C}$) (gr)

Faktor koreksi pada suhu dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4. Hubungan suhu dengan faktor koreksi

T°C	K	T°C	K
25	1,0000	29	0,9989
26	0,9997	30	0,9986
27	0,9995	31	0,9983
28	0,9992		

Deskripsi tanah berdasarkan berat jenisnya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3.5. Berat jenis tanah

Jenis Tanah	GS	Jenis Tanah	GS
Kerikil	2,65 – 2,68	Lanau	2,65 – 2,68
Pasir	2,65 – 2,68	Lanau tak berorganik	2,68 – 2,72
Lempung tak berorganik	2,62 – 2,65	Lempung berorganik	2,58 – 2,65

Contoh Soal 3.9:

Suatu tanah humus memiliki berat jenis sebesar 1,37. Jika berat labu ukur 200 gram, berat labu ukur + tanah + air sebesar 500 gram, dan berat labu ukur + air sebesar 400 gram. Tentukan berat tanah humus!

Jawab :

Diketahui: GS = 1,37; $W_1 = 200$ gram; $W_2 = 500$ gram; $W_3 = 400$ gram

Berat tanah = ...?

$$GS = \frac{(W_2 - W_1)}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)}$$

$$1,37 = \frac{(W_2 - 200)}{(400 - 200) - (500 - W_2)}$$

$$1,37 [-300 + W_2] = W_2 - 200$$

$$W_2 = 570,27 \text{ gram}$$

$$\text{Berat tanah} = W_2 - W_1 = 570,27 - 200 = 370,27 \text{ gram}$$

F. Kadar Air Tanah

Air mempunyai fungsi yang penting dalam tanah. Antara lain pada proses pelapukan mineral dan bahan organik tanah, yaitu reaksi yang mempersiapkan hara larut bagi pertumbuhan tanaman. Selain itu, air juga berfungsi sebagai media gerak hara ke akar-

akar tanaman. Akan tetapi, jika air terlalu banyak tersedia, hara-hara dapat tercuci dari daerah-daerah perakaran atau bila evaporasi tinggi, garam-garam terlarut mungkin terangkat kelapisan tanah atas. Air yang berlebihan juga membatasi pergerakan udara dalam tanah, merintangi akar tanaman memperoleh O_2 sehingga dapat mengakibatkan tanaman mati.

Kandungan air tanah dapat ditentukan dengan beberapa cara. Sering dipakai istilah-istilah nisbi, seperti basah dan kering. Kedua-duanya adalah kisaran yang tidak pasti tentang kadar air sehingga istilah jenuh dan tidak jenuh dapat diartikan yang penuh terisi dan yang menunjukkan setiap kandungan air dimana pori-pori belum terisi penuh. Jadi yang dimaksud dengan kadar air tanah adalah jumlah air yang bila dipanaskan dengan oven yang bersuhu $105^{\circ}C$ hingga diperoleh berat tanah kering yang tetap.

Dua fungsi yang saling berkaitan dalam penyediaan air bagi tanaman yaitu memperoleh air dalam tanah dan pengaliran air yang disimpan ke akar-akar tanaman. Jumlah air yang diperoleh tanah sebagian bergantung pada kemampuan tanah yang menyerap air cepat dan meneruskan air yang diterima dipermukaan tanah ke bawah. Akan tetapi jumlah ini juga dipengaruhi oleh faktor-faktor luar seperti jumlah curah hujan tahunan dan sebaran hujan sepanjang tahun.

Kadar air tanah kering udara tidak selalu konstan dan ia bersifat dinamis. Oleh karena itu semua hasil analisis dinyatakan terhadap bobot tanah kering mutlak ($105^{\circ}C$). Dengan cara ini kadar air ditetapkan secara langsung dengan mengukur kehilangan bobot air karena kehilangan air melalui pengeringan contoh tanah.

Air terdapat di dalam tanah Alfisol ditahan (diserap) oleh massa tanah, tertahan oleh lapisan kedap air, atau karena keadaan drainase yang kurang baik. Baik kelebihan air ataupun kekurangan air dapat mengganggu pertumbuhan tanaman. Fungsi airtanah yaitu sebagai pembawa unsur hara dalam tanah serta keseluruhan bagian tanaman. Kadar air selalu berubah sebagai respon terhadap faktor-faktor lingkungan dan gaya gravitasi. Karena itu contoh tanah dengan kadar air harus disaring, diukur, dan biasanya satu kali contoh tanah akan dianalisis untuk penerapan suatu sifat.

Jumlah air yang ditahan oleh tanah dapat dinyatakan atas dasar berat dan isi. Begitupula pada tanah Alfisol pada umumnya, dasar penentuannya adalah pengukuran kehilangan berat dari suatu contoh tanah yang lebih lembab setelah dikeringkan pada suhu $105^{\circ}C$ selama 24 jam. Kehilangan berat sama dengan berat air yang terdapat dalam contoh tanah. Kadar air (0) dihitung secara gravimetrik dengan satuan g / g, yaitu berat

air yang terdapat di dalam suatu massa tanah kering ($\theta =$ tanah lembab-berat kering oven). Kadar air dalam tanah Alfisol dapat dinyatakan dalam persen volume yaitu persen volume air terhadap volume tanah. Cara ini mempunyai keuntungan karena dapat memberikan gambaran tentang ketersediaan air pada pertumbuhan pada volume tanah tertentu. Cara penetapan kadar air tanah dapat digolongkan dengan beberapa cara penetapan kadar air tanah dengan gravimetrik, tegangan atau hisapan, hambatan listrik dan pembauran neutron.

Daya pengikat butir-butir tanah Alfisol terhadap air adalah besar dan dapat menandingi kekuatan tanaman yang tingkat tinggi dengan baik begitupun pada tanah Inceptisol dan Vertisol, karena itu tidak semua air tanah dapat diamati dan ditanami oleh tumbuhan.

Faktor tumbuhan dan iklim mempunyai pengaruh yang berarti pada jumlah air yang dapat diabsorpsi dengan efisien tumbuhan dalam tanah. Kelak akan ketahanan pada kekeringan, keadaan dan tingkat pertumbuhan adalah faktor tumbuhan yang berarti. Temperatur dan perubahan udara merupakan perubahan iklim dan berpengaruh pada efisiensi penggunaan air tanah dan penentuan air yang dapat hilang melalui saluran evaporasi permukaan tanah. Diantara sifat khas tanah yang berpengaruh pada air tanah yang tersedia adalah hubungan tegangan dan kelembaban, kadar garam, kedalaman tanah, strata dan lapisan tanah.

Banyaknya kandungan air tanah berhubungan erat dengan besarnya tegangan air (*moisture tension*) dalam tanah tersebut. Kemampuan tanah dapat menahan air antara lain dipengaruhi oleh tekstur tanah. Tanah-tanah yang bertekstur kasar mempunyai daya menahan air yang lebih kecil dari pada tanah yang bertekstur halus. Pasir umumnya lebih mudah kering dari pada tanah-tanah bertekstur berlempung atau liat.

1. Metode

Metode yang digunakan untuk pemeriksaan kadar air dari sampel tanah basah atau sampel tanah kering. Untuk sampel tanah basah, kadar air ditentukan dari massa air dalam sampel tanah dan dihitung dalam satuan %. Perhitungan kadar air dapat digunakan sebagai dasar menghitung konsentrasi bahan kimia tertentu dalam sampel tanah dalam baik kering maupun basah dalam satuan mg/kg.

Metode pengeringan sampel tanah yang digunakan diusahakan sebisa mungkin tidak menghilangkan semua kandungan air kristalit yang mengikat mineral. Jika pemeriksaan sampel tanah ingin berhasil, kadar air pada sampel tanah yang

dikeringkan dengan pemanasan oven ditentukan dengan memisahkan terlebih dahulu sub sampel dari sampel awal yang mewakili, dengan demikian sampel yang dikeringkan dengan oven tidak dapat digunakan untuk pemeriksaan fisika dan kimia, sejauh pengeringan dengan oven berpengaruh terhadap kuantitas analit.

2. Penggunaan

Kadar air ditentukan dengan perbandingan % massa air dalam sampel pada saat disampling dikurangi dengan massa air dalam sampel setelah dikeringkan.

Pengeringan dengan oven pada suhu $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ tidak dapat digunakan untuk menentukan kadar air dalam tanah yang mengandung gypsum atau mineral yang sedikit terikat dengan air, atau sampel tanah yang dipastikan mengandung beberapa bahan organik (misal tanah gemuk). Tanah jenis ini dapat teroksidasi atau terdekomposisi pada suhu pengeringan yang digunakan. Dalam kondisi demikian, akurasi pengukuran kadar air dapat diperbaiki dengan pengeringan dingin menggunakan oven vakum yang dilengkapi dengan setting tekanan 10 mmHg dan suhu 30°C .

3. Peralatan

Peralatan yang diperlukan dalam mengukur kadar air tanah yaitu:

- Oven pengering, dilengkapi dengan kontrol suhu sampai $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$
- Neraca, ketepatan sampai 0,01 g
- Beker glas 100 ml
- Desikator

4. Prosedur

Berikut prosedur yang harus diperhatikan sebelum mengukur kadar air tanah:

- Timbang beker glass kering dan bersih.
- Masukkan 100 g sampel tanah ke dalam beker glass, dan timbang kembali . Sampel yang ditimbang berupa butiran yang kasar, untuk mendapatkan hasil yang akurat, sebaiknya pilihlah sampel yang ukuran partikelnya besar.
- Masukkan sampel basah ke dalam alat pengering (oven) pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ samapi diperoleh berat yang konstan (pengeringan dalam waktu 24 jam dilakukan agar diperoleh berat yang konstan).
- Ambil sampel dari dalam oven, masukkan ke dalam desikator hingga suhu kamar.
- Timbang sampel + beker glass, jika diperlukan ulangi lagi penimbangan sampai 3-5 kali hingga didapat berat konstan.

5. Perhitungan

Perhitungan kadar air tanah dapat ditulis dalam bentuk persamaan:

$$M = \frac{w_1 - w_2}{w_1 - w_3} \times 100\% \quad (3-2)$$

Dimana:

M = kadar air (%)

w₁ = berat bekerglass + sampel basah (gram)

w₂ = berat bekerglass + sampel kering (gram)

w₃ = berat bekerglass (gram).

G. Porositas Tanah

Porositas tanah adalah kemampuan tanah dalam menyerap air yang berkaitannya dengan tingkat kepadatan tanah. Semakin padat tanah berarti semakin sulit untuk menyerap air, maka porositas tanah semakin kecil. Sebaliknya semakin mudah tanah menyerap air maka tanah tersebut memiliki porositas yang besar. Aspek yang digunakan dalam pengukuran porositas yaitu fraksi volume tanah, kerapatan massal pada tanah, dan kepadatan partikel.

1. Fraksi Volume Tanah

Bagian besar tanah terdiri dari udara dan air dengan komposisi antara 30% dan 70% tanah adalah ruang pori-pori fraksi tanah ditempati oleh padat. Fraksi volume tanah yang ditempati oleh tanah sendiri dapat dirumuskan:

$$f_s = \frac{m_s}{V_s} \times \frac{V_v}{m_v} \times \frac{1}{D_v} \quad (3-3)$$

Dimana:

f_s = Fraksi volume tanah yang ditempati oleh tanah

m_s = massa tanah

m_v = massa padatan

V_s = volume tanah

V_v = volume padatan

ρ = kerapatan massal

D_v = kepadatan partikel

2. Perhitungan Porositas

Porositas atau Porosity (n) diartikan sebagai persentase perbandingan antara volume rongga (V_v) dengan volume total (V) dalam tanah. Porositas biasanya

dikalikan dengan 100% dengan demikian Porositas dapat dinyatakan dalam bentuk persen, seperti pada persamaan:

$$n = \frac{V_v}{V} \times 100\% \quad (3-4)$$

Dimana:

n = porositas

V_v = volume rongga (cm^3)

V = volume total (cm^3)

Kita dapat mendefinisikan porositas sebagai fraksi volume tanah yang ditempati oleh pori-pori, dengan persamaan:

$$n = 1 - \frac{\rho}{D_v} \quad (3-5)$$

Dimana:

n = porositas

ρ = kerapatan massal (gr/cm^3)

D_v = kepadatan partikel (gr/cm^3)

Kerapatan curah khas dan porositas setiap tanah, dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3.6. Kerapatan curah tanah dan porositas

Tekstur Tanah	Kerapatan Massal (kg/m^3)	Porositas
Batu pasir	2100	0,19
Lapisan bawah tanah berpasir	1650	0,36
Lapisan bajak berpasir	1500	0,42
Tanah liat	1450	0,44
Lumpur tanah liat yang baru saja dibajak	1100	0,58

H. Derajat Kejenuhan

Derajat Kejenuhan atau Degree of Saturation (S) adalah perbandingan antara volume air (V_w) dengan volume total rongga pori tanah (V_v). $S = 0$ bila tanah dalam keadaan kering dan sebaliknya bila tanah dalam keadaan jenuh, maka $= 100\%$ atau 1. Derajat Kejenuhan suatu tanah (S) dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$S = \frac{V_w}{V_v} \times 100\% \quad (3-6)$$

Dimana:

S = derajat kejenuhan (%)

V_w = berat volume air (cm^3)

V_v = volume total rongga pori tanah (cm^3)

Setiap keadaan tanah tentu memiliki derajat kejenuhan yang berbeda seperti tabel dibawah ini:

Tabel 3.7. Derajat kejenuhan dan kondisi tanah

Kedadaan Tanah	Derajat Kejenuhan
Tanah kering	0
Tanah agak lembab	$> 0 - 0,25$
Tanah lembab	$0,26 - 0,50$
Tanah sangat lembab	$0,51 - 0,75$
Tanah basah	$0,76 - 0,99$
Tanah jenuh	1

Contoh Soal 3.10:

Suatu tanah memiliki volume air sebesar 200 ml. Jika volume rongga pori tanah sebesar 1 liter dan volume totalnya 2500 ml, tentukan porositas tanah dan derajat kejenuhannya!

Jawab:

Dik: $V_w = 200 \text{ ml}$, $V_v = 1 \text{ liter} = 1000 \text{ ml}$, $V = 2500 \text{ ml}$

Dit: Porositas tanah (n) = ..? Derajat kejenuhan (S) = ..?

Jwb:

Menentukan porositas tanah

$$n = \frac{V_v}{V} \times 100\%$$

$$n = \frac{1000 \text{ ml}}{2500 \text{ ml}} \times 100\% = \frac{2}{5} \times 100\% = 40\%$$

Menentukan derajat kejenuhan

$$S = \frac{V_w}{V_v} \times 100\%$$

$$S = \frac{200 \text{ ml}}{1000 \text{ ml}} \times 100\% = \frac{1}{5} \times 100\% = 20\%$$

PENUGASAN KELAS

1. Bentuklah kelompok kecil dan diskusikanlah pemeriksaan parameter fisik dari sampel tanah!
2. Diskusikanlah dalam kelompok kecil tentang contoh pengaplikasian parameter fisik tanah!

RANGKUMAN

1. Suhu tanah adalah suatu sifat tanah yang sangat penting, secara langsung mempengaruhi pertumbuhan tanaman, dan juga terhadap kelembaban, aerasi, struktur, aktivitas *microbial*, dan enzimatis, dekomposisi serasah/sisa makanan dan ketersediaan hara-hara tanaman. Suhu tanah merupakan hasil dari keseluruhan radiasi yang merupakan kombinasi emisi panjang gelombang dan aliran panas dalam tanah. Suhu tanah biasa disebut intensitas panas dalam tanah dengan satuan derajat celsius, fahrenheit, kelvin dan lain-lain. Suhu tanah dapat diukur dengan menggunakan alat yang dinamakan termometer tanah selubung logam.
2. Berat jenis tanah (*specific gravity*) adalah angka perbandingan antara berat isi butir tanah dengan berat isi air suling pada volume yang sama dan suhu tertentu. Faktor-faktor yang mempengaruhi berat jenis tanah adalah
 - a. Tekstur tanah, merupakan partikel-partikel tanah yang ukuran partikelnya kasar, memiliki nilai berat jenis yang tinggi (misalnya pasir).
 - b. Bahan organik tanah, merupakan penimbunan dari sisa-sisa tanaman dan binatang yang sebagian telah mengalami pelapukan dan pembentukan kembali.
3. Salah satu manfaat nilai berat isi tanah, yaitu untuk menghitung porositas. Untuk menghitung porositas kita harus mengetahui berat jenis partikelnya terlebih dahulu. Sedangkan untuk menghitung ruang pori dalam tanah, kita harus mengetahui berat isi tanah terlebih dahulu.
4. Pengaruh terhadap pengolahan lahan dari berat isi dan berat jenis tanah sangat banyak, di antaranya dalam proses infiltrasi tanah, jika sebuah tanah memiliki rongga atau pori-pori yang banyak maka penyerapan air akan baik atau cepat. Pengolahan lahan sangat diperlukan untuk menjaga kesuburan tanah. Dengan kata lain dalam teorinya, pengolahan lahan dapat mengurangi berat isi dan berat jenis tanah pada suatu jenis lahan. Sehingga akar tanaman bisa menembus tanah dengan baik dan tanaman bisa tumbuh dengan subur, baik pada lahan semusim, lahan produksi, dan lahan kampus.

5. Berat Jenis tanah (GS) dapat dihitung dengan rumus :

$$GS = \frac{(W_2 - W_1)}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)}$$

Dimana :

W_1 = berat labu ukur (gr)

W_2 = berat labu ukur + tanah (gr)

W_3 = berat labu ukur + tanah + air (gr)

W_4 = berat labu ukur + air pada temperatur ($T^{\circ}\text{C}$) (gr)

6. Kadar air tanah adalah jumlah air yang bila dipanaskan dengan oven yang bersuhu 105°C hingga diperoleh berat tanah kering yang tetap. Kadar air tanah kering udara tidak selalu konstan dan ia bersifat dinamis. Air terdapat di dalam tanah Alfisol ditahan (diserap) oleh massa tanah, tertahan oleh lapisan kedap air, atau karena keadaan drainase yang kurang baik. Kadar air selalu berubah sebagai respon terhadap faktor-faktor lingkungan dan gaya gravitasi. Banyaknya kandungan air tanah berhubungan erat dengan besarnya tegangan air (*moisture tension*) dalam tanah tersebut. Perhitungan kadar air tanah dapat ditulis dalam bentuk persamaan:

$$M = \frac{w_1 - w_2}{w_1 - w_3} \times 100\%$$

Dimana:

M = kadar air (%)

w_1 = berat bekerglass + sampel basah (gram)

w_2 = berat bekerglass + sampel kering (gram)

w_3 = berat bekerglass (gram).

7. Porositas tanah adalah kemampuan tanah dalam menyerap air yang berkaitannya dengan tingkat kepadatan tanah. Semakin padat tanah berarti semakin sulit untuk menyerap air, maka porositas tanah semakin kecil. Porositas dapat dinyatakan dalam bentuk persen, seperti pada persamaan:

$$n = \frac{V_v}{V} \times 100\%$$

Dimana:

n = porositas

V_v = volume rongga (cm^3)

V = volume total (cm^3)

8. Derajat Kejenuhan atau *Degree of Saturation* (S) adalah perbandingan antara volume air (V_w) dengan volume total rongga pori tanah (V_v). $S = 0$ bila tanah dalam keadaan kering dan sebaliknya bila tanah dalam keadaan jenuh, maka $S = 100\%$ atau 1. Derajat Kejenuhan suatu tanah dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$S = \frac{V_w}{V_v} \times 100\%$$

Dimana:

S = derajat kejenuhan (%)

V_w = berat volume air (cm^3)

V_v = volume total rongga pori tanah (cm^3)

EVALUASI FORMATIF 4

1. Mengapa suhu tanah adalah suatu sifat tanah yang sangat penting?
2. Jelaskan faktor-faktor yang memengaruhi berat jenis tanah!
3. Jelaskan manfaat parameter nilai berat isi tanah!
4. Bagaimana pengaruh terhadap pengolahan lahan dari berat isi dan berat jenis tanah?
5. Suatu tanah berpasir memiliki berat jenis sebesar 2,66. Jika berat labu ukur + tanah sebesar 400 gram, berat labu ukur + tanah + air sebesar 500 gram, dan berat labu ukur + air sebesar 300 gram. Berapakah berat labu ukurnya?
6. Hasil pemeriksaan sampel tanah di laboratorium diketahui sebagai berikut:
Berat sampel tanah basah = 20 gram
Berat bekerglass = 10 gram
Berat bekerglass + sampel basah = 30 gram
Berat bekerglass + sampel kering = 15 gram
Dari yang diketahui, maka tentukan kadar air dari sampel tanah tersebut!
7. Sebutkan prosedur yang harus diperhatikan sebelum mengukur kadar air tanah!
8. Suatu tanah memiliki volume air sebesar 18 ml. Jika porositas tanah sebesar 45% dan volume totalnya 80 ml, tentukan volume rongga pori tanah dan derajat kejenuhannya!

KUNCI JAWABAN EVALUASI FORMATIF 4

1. Karena secara langsung suhu tanah mempengaruhi pertumbuhan tanaman, dan juga terhadap kelembaban, aerasi, struktur, aktivitas *microbial*, dan enzimatis, dekomposisi serasah/sisa makanan dan ketersediaan hara-hara tanaman.
2. Faktor-faktor yang memengaruhi berat jenis tanah, yaitu:

- a) Tekstur tanah, merupakan partikel-partikel tanah yang ukuran partikelnya kasar, memiliki nilai berat jenis yang tinggi (misalnya pasir).
 - b) Bahan organik tanah, merupakan penimbunan dari sisa-sisa tanaman dan binatang yang sebagian telah mengalami pelapukan dan pembentukan kembali.
3. Manfaat nilai berat isi tanah, yaitu untuk menghitung porositas. Untuk menghitung porositas kita harus mengetahui berat jenis partikelnya terlebih dahulu. Sedangkan untuk menghitung ruang pori dalam tanah, kita harus mengetahui berat isi tanah terlebih dahulu.
 4. Pengaruh terhadap pengolahan lahan dari berat isi dan berat jenis tanah sangat banyak, di antaranya dalam proses infiltrasi tanah, jika sebuah tanah memiliki rongga atau pori-pori yang banyak maka penyerapan air akan baik atau cepat.
 5. Diketahui: $GS = 2,66$; $W_2 = 400$ gram; $W_3 = 500$ gram; $W_4 = 300$ gram

Berat labu ukur (W_1) = ...?

$$GS = \frac{(W_2 - W_1)}{\frac{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)}{(400 - W_1) - (500 - 400)}}$$

$$2,66 = \frac{(400 - W_1)}{(300 - W_1) - (500 - 400)}$$

$$2,66 [200 - W_1] = 400 - W_1$$

$$(1,66)(W_1) = 132$$

$$W_1 = 79,52 \text{ gram}$$

6. Diketahui: $W_s = 20$ gram, $W_1 = 30$ gram, $W_2 = 15$ gram, $W_3 = 10$ gram

$M = \dots?$

$$M = \frac{w_1 - w_2}{w_1 - w_3} \times 100\%$$

$$M = \frac{30 - 15}{30 - 10} \times 100\%$$

$$M = \frac{15}{20} \times 100\%$$

$$M = 75\%$$

7. Prosedur yang harus diperhatikan sebelum mengukur kadar air tanah:

- a) Timbang beker glass kering dan bersih.
- b) Masukkan 100 g sampel tanah ke dalam beker glass, dan timbang kembali. Sampel yang ditimbang berupa butiran yang kasar, untuk mendapatkan hasil yang akurat, sebaiknya pilihlah sampel yang ukuran partikelnya besar.

- c) Masukkan sampel basah ke dalam alat pengering (oven) pada suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ samapi diperoleh berat yang konstan (pengeringan dalam waktu 24 jam dilakukan agar diperoleh berat yang konstan).
- d) Ambil sampel dari dalam oven, masukkan ke dalam desikator hingga suhu kamar.
- e) Timbang sampel + beker glass, jika diperlukan ulangi lagi penimbangan sampai 3-5 kali hingga didapat berat konstan.

8. Dik: $V_w = 18 \text{ ml}$, $n = 45\%$, $V = 80 \text{ ml}$

Dit: Volume rongga (V_v) = ..? Derajat kejenuhan (S) = ..?

Jwb:

Menentukan porositas tanah

$$n = \frac{V_v}{V} \times 100\%$$

$$45\% = \frac{V_v}{80 \text{ ml}} \times 100\% \rightarrow 45\% \times 80 \text{ ml} = V_v \times 100\% \rightarrow 3600 \text{ ml} = 100 V_v$$

$$V_v = 36 \text{ ml}$$

Menentukan derajat kejenuhan

$$S = \frac{V_w}{V_v} \times 100\%$$

$$S = \frac{18 \text{ ml}}{36 \text{ ml}} \times 100\% = \frac{1}{2} \times 100\% = 50\%$$

Lembar Kerja Praktek 4

Modul 4:

Suara

PENDAHULUAN

Saudara mahasiswa, dalam Modul 4 ini kita akan membahas materi tentang suara dan permasalahannya. Telah kita ketahui bawasannya suara merupakan bagian penting dalam proses kehidupan makhluk hidup dan lingkungan di muka bumi. Sebuah suara adalah bentuk energi dimana suara dapat berubah dari satu bentuk ke bentuk lainnya seperti contoh energi suara yang diubah menjadi energi listrik. Memang setiap aktivitas hewan maupun manusia membutuhkan suara untuk menjalankannya. Oleh sebab itu, sudah menjadi kewajiban kita untuk menjaga pengendalian suara agar tetap dapat mendukung kehidupan di muka bumi ini secara teratur.

Adapun ruang lingkup materi yang akan dibahas pada Modul ini mencakup tentang ruang lingkup suara (akustik), pencemaran suara, dan metode pengukuran serap suara.

Kegiatan Pembelajaran 1: RUANG LINGKUP SUARA

KEMAMPUAN AKHIR YANG DIHARAPKAN

1. Mahasiswa memiliki pengertian dan pemahaman mengenai definisi akustik
2. Mahasiswa memiliki pemahaman mengenai teori akustik
3. Mahasiswa mengetahui perkembangan akustik auditorium
4. Mahasiswa memiliki pemahaman mengenai parameter akustik
5. Mahasiswa mengetahui medium penyerap suara

URAIAN MATERI

A. Definisi Akustik

Kata “akustik” berasal dari bahasa Yunani *akouein* yang berarti mendengar. Akustik adalah ilmu terapan yang dimaksudkan untuk memanjakan indra pendengaran Anda di suatu ruang tertutup terutama yang relatif besar. Arsitek Romawi dari abad ke 1 Marcus Pollio sudah mulai melakukan pengamatan cermat tentang gema dan interferensi (getaran-getaran

suara asli dan getaran pantulan yang saling menghilangkan) dari suatu ruangan. Namun baru pada tahun 1856 akustik ini mulai dibangun sebagai suatu ilmu oleh Joseph Henry dan akhirnya dikembangkan penuh oleh Wallace Sabine di tahun 1900. Keduanya adalah fisikawan Amerika. Namun sayangnya kecenderungan sampai saat ini dinegara kita nampaknya menunjukkan bahwa kecuali pada ruangan-ruangan khusus seperti untuk ruang konser, studio rekaman atau panggung teater, rancangan akustik umumnya diabaikan. Padahal di ruang manapun, bagi orang-orang yang indra pendengarannya sensitif, berada di ruang yang berakustik buruk merupakan siksaan.

Akustik adalah ilmu interdisipliner yang berkaitan dengan studi dari semua gelombang mekanik dalam gas, cairan, dan padatan termasuk getaran, USG, suara, dan infrasonik. Akustik sendiri memiliki definisi sebagai teori gelombang suara dan perambatannya pada suatu medium. Seorang ilmuwan yang bekerja di bidang akustik adalah *acoustician* sementara seseorang yang bekerja di bidang teknologi akustik dapat disebut seorang insinyur akustik. Penerapan akustik dapat dilihat di hampir semua aspek masyarakat modern dengan yang paling jelas adalah industri audio.

Akustik merupakan satu bidang ilmu yang mempelajari tentang suara atau bunyi yang ditimbulkan dari benda yang bergetar. Apa itu suara? Mungkin pertanyaan ini terkesan konyol, tapi mungkin juga tak banyak orang dapat menjawabnya, kenapa? Suara, ia merupakan sesuatu yang tak asing buat kita, karena dalam kehidupan kita selalu bersinggungan dengan suara (kecuali bagi orang tuli). Suara dapat kita rasakan dan dengarkan, namun keberadaannya tak pernah dapat kita lihat alias tak kasat mata, sehingga akan sangat sulit menerangkan seperti apa gambaran suara itu.

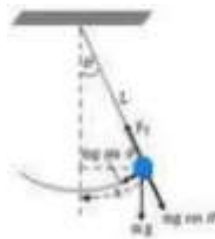
Jadi apa suara itu? Suara atau bunyi dapat didefinisikan sebagai gelombang yang bergerak dalam medium baik gas, cair maupun padat. Untuk menggambarkan rupa dari suatu gelombang bunyi kita dapat melakukan percobaan dengan memberikan usikan pada air atau tali maka akan tampak aliran getaran (energi getaran) yang merupakan gambaran dari bunyi.



Gambar 4.1 Usikan pada air

Salah satu karakteristik dari fluida, yaitu cairan dan gas adalah kurang bisa dipaksa untuk berubah bentuk. Gelombang suara merupakan tekanan dari getaran yang ditampakkan dalam suatu fluida, dimana ia memiliki analogi dengan gelombang yang ditampakkan pada gambar 4.1. Sehingga apabila kita cermati lebih dalam, gelombang tali maupun gelombang pada air yang merupakan efek getaran (termasuk getaran suara) dapat kita simulasikan dengan konsep getaran harmonik pada pegas yang diayunkan. Ada hubungan yang sederhana namun merupakan hubungan matematis yang penting antara gerak harmonik sederhana dan gerak melingkar dengan kelajuan konstan, hal ini seperti digambarkan pada gambar 4.2.

Gambar 4.2 Pada suatu garis lurus, proyeksi sebuah partikel yang bergerak dengan gerak



melingkar seragam merupakan gerak harmonik sederhana.

B. Teori Akustik

Kata akustik berasal dari bahasa Yunani "akuostikos" yang berarti, segala sesuatu yang bersangkutan dengan pendengaran pada suatu kondisi ruang yang dapat mempengaruhi mutu bunyi. Akustik mempunyai tujuan untuk mencapai kondisi pendengaran suara yang sempurna yaitu murni, merata, jelas dan tidak berdengung sehingga sama seperti aslinya, bebas dari cacat dan kebisingan.

Akustik mempunyai ruang lingkup yang sangat luas dan menyentuh ke hampir semua segi kehidupan manusia. Akustik lingkungan adalah menciptakan suatu lingkungan, dimana kondisi ideal disediakan, baik dalam ruang tertutup maupun di udara terbuka.

Faktor – faktor yang mendasari masalah akustik adalah :

1. Sumber suara
2. Perambatan suara
3. Penerimaan suara
4. Intensitas suara
5. Frekuensi suara

Faktor – faktor lain yang juga ikut mempengaruhi keberhasilan tata suara didalam ruang antara lain faktor konstruksi bangunan, kualitas dan sifat bahan serta kondisi lingkungan.

Contoh Soal 4.1:

Sebutkan faktor-faktor yang mendasari masalah akustik!

Jawab :

Sumber suara, perambatan suara, penerimaan suara, intensitas suara, frekuensi suara.

C. Perkembangan Akustik Auditorium

Untuk dapat mengenal akustik dengan baik, berikut diuraikan sejarah perkembangannya yang berawal dari desain bangunan umum bangsa Yunani. Dahulu perkembangan akustik ruang berasal dari kebutuhan akan perlakuan bunyi pada bangunan umum, mulai dari perkembangan teater Yunani klasik dan Romawi, gereja Gothic dan Baroque, gedung opera abad ke-19 serta gedung pertunjukan abad ke-20.

Dalam membangun tempat-tempat pertemuan umum, bangsa Yunani telah mempelajari dasar-dasar akustik ruang dengan mengarahkan bunyi yang dikehendaki dan mengurangi bunyi yang mengganggu. Bangunan-bangunan Yunani yang perlu diperhatikan akustiknya seperti arena gladiator, tempat pertandingan, dan olah raga. Bentuk denah teater Yunani antara lain berupa *semi-circular* atau *semi-elliptical* dengan panggung melingkar di tengah dan tempat duduk penonton mengelilingi panggung sedangkan di belakang panggung merupakan bangunan yang berfungsi sebagai ruang ganti, ruang istirahat, ruang pelayanan (*service*) dan sebagainya. Bangsa Yunani berusaha untuk mendapatkan kenyamanan garis pandang sekaligus pendengaran yang baik dengan cara pengaturan tempat duduk yang bertingkat-tingkat. Maksud dan tujuan pengaturan ini agar penonton dapat sedekat mungkin dengan panggung, sehingga dialog dapat didengar dan ekspresi muka aktor dapat terlihat. Contoh teater yang masih ada sampai saat ini antara lain teater berbentuk *semi-elliptical* di Herodes Atticus-Athena, yang bentuknya didesain dengan menggunakan banyak permukaan pantul di sekeliling panggung untuk memperkuat intensitas bunyi asli.

Pada perkembangan selanjutnya, bangsa Romawi memotong lingkaran panggung menjadi setengah lingkaran, sehingga penonton menjadi lebih dekat dengan sumber bunyi. Teater Romawi memperlihatkan tempat duduk yang bertingkat-tingkat lebih curam dibandingkan dengan teater Yunani. Belakang panggung diberi latar belakang dan ornamen, berfungsi untuk memantulkan bunyi dari panggung agar intensitas bunyi langsung menjadi

bertambah kuat. Contoh teater Romawi yang megah antara lain Colosseum di Roma juga teater di Orange, Perancis yang dibangun abad ke-50 SM.

Setelah kerajaan Romawi jatuh, satu-satunya bangunan umum yang dibangun selama abad pertengahan adalah gereja. Pada abad pertengahan, drama yang berkembang berasal dari gereja katolik dengan karakteristik liturgis, kadang-kadang diiringi dengan koor yang berfungsi juga untuk mengiringi misa (kebaktian). Ruang-ruang di katedral biasanya tertutup sepenuhnya dengan volume sangat besar, sehingga waktu dengung (*reverberation time*) dapat mencapai sekitar 8 detik. Akustik pada bangunan ini dengan waktu dengung yang panjang diperuntukkan bagi musik organ dan koor gereja.

Pada jaman Renaissance dan sesudahnya, bentuk terbuka teater Romawi berkembang menjadi teater tertutup di Itali, sehingga bunyi dapat dipantulkan berulang kali melalui dinding dan plafon, daripada diserap oleh udara terbuka. Contohnya pada Teatro Olimpico di Vicenza (1585) yang dirancang oleh Palladio dan diselesaikan oleh Scamozzi. Teater ini menjadi awal mula yang penting dari sejarah perkembangan teater modern. Kemudian, bentuk denah berkembang menjadi bentuk U atau bentuk telur. Tempat duduk di dalam kotak mengelilingi panggung secara berhadap-hadapan, dan berkembang menjadi opera house. Contoh desain awal antara lain Teatro di Tor di Nona (1671) serta Opera House di Bayreuth-Jerman (1748) yang mempertunjukkan musik khusus karya Wagner. Pengaturan tempat duduk seperti ini dipertahankan terus sampai abad ke-19.

Pada abad ke-19 beberapa nama yang menarik perhatian terhadap akustik muncul, diantaranya Lord Rayleigh dengan bukunya berjudul "*The Theory of Sound*". Sebelum abad ke-20, W.C. Sabine dari Universitas Harvard telah merintis perancangan akustik ruang, dengan teorinya "*Reverberation Time*" (waktu dengung). Mulai saat itu, ilmu akustik menjadi maju dengan pesat. Pada abad ke-20 (1927) Walter Gropius mendesain "*The Total Theatre*" yang mengambil inspirasi dari teater Yunani. Denahnya berbentuk oval dengan tempat duduk penonton melingkari panggung. Selain itu masih banyak lagi desain-desain auditorium dengan kapasitas penonton lebih dari 2.000 orang, yang tentunya membutuhkan desain akustik serius, seperti "*The Boston Symphony Hall*" dengan kapasitas 2.600 tempat duduk.

D. Parameter Akustik

Parameter akustik antara lain:

1. Bunyi

- Leslie L. Doelle (1986) mengatakan bahwa :

Bunyi memiliki dua definisi, secara fisis yaitu penyimpangan tekanan, pergeseran partikel dalam medium elastik seperti udara (bunyi obyektif) dan secara fisiologis yaitu sensasi pendengaran yang disebabkan oleh penyimpangan fisis (bunyi subyektif).

- James Cowan (2010) mengatakan bahwa :

Bunyi dengan gelombang yang tidak berubah atau stabil walaupun didengar dari jarak yang jauh dapat disebut sebagai *point source* atau sumber. Apabila sumber tersebut berada dalam laju yang konstan maka sumber tersebut akan menghasilkan nada murni yang dapat digambarkan dengan frekuensi.

2. Frekuensi

- Leslie L. Doelle (1986) mengatakan bahwa :

Frekuensi merupakan jumlah pergeseran atau osilasi yang dilakukan sebuah partikel dalam 1 sekon. Satuan dari frekuensi adalah hertz (Hz).

- James Cowan (2010) mengatakan bahwa :

Manusia dapat mendengar frekuensi antara 20 dan 20.000 Hz. Tingkatan frekuensi yang paling sensitif terhadap pendengaran manusia adalah antara 500 dan 4000 Hz, tingkatan frekuensi yang dihasilkan oleh bunyi manusia. Pendengaran manusia tidak terlalu sensitif terhadap nada rendah antara 20 dan 500 Hz serta nada tinggi antara 4000 dan 20.000 Hz. Frekuensi di bawah 20 Hz disebut sebagai infrasonik, dapat dirasakan sebagai getaran. Frekuensi di atas 20.000 Hz disebut sebagai ultrasonik.

3. Desibel

- Leslie L. Doelle (1986) mengatakan bahwa :

Desibel (dB) adalah perubahan terkecil dalam tekanan bunyi yang dapat dideteksi telinga pada umumnya.

Tingkatan tekanan bunyi :

Kantor pribadi, rumah yang tenang, percakapan yang tenang : 20– 40 dB (lemah).

Rumah yang bising, percakapan pada umumnya : 40 – 60 dB (sedang).

Kantor yang bising : 60 – 80 dB (keras).

Bising lalu lintas : 80 – 100 dB (sangat keras).

- James Cowan (2010) mengatakan bahwa :

Desibel (dB) adalah ukuran kekuatan medan bunyi pada skala logaritmik. Dapat digunakan untuk menunjukkan besarnya tingkat bunyi pada suatu titik dalam sebuah medan bunyi atau jumlah keseluruhan tingkat kekuatan sebuah sumber bunyi. Dapat didefinisikan secara matematis sebagai 10 dikalikan dengan logaritma dari kuantitas yang diukur dengan nilai referensi dari kuantitas yang sama, dimana kuantitas berhubungan dengan kekuatan dari sumber.

4. Reverberation Time (RT)

- James Cowan (2000) mengatakan bahwa :

Reverberation (gema/gaung) merupakan penumpukan bunyi dalam ruang, yang dihasilkan oleh pemantulan gelombang bunyi yang berulang-ulang dari seluruh permukaan sebuah ruang. *Reverberation* dapat menaikkan tingkat bunyi dalam sebuah ruang sebanyak 15 dBA, serta mendistorsi kejelasan perkataan dalam seminar. *Reverberation* dibutuhkan dalam ruangan yang diperuntukkan untuk musik terutama musik klasik untuk memberi dan menambah kesan elegan pada nada yang dihasilkan. Karena itu *reverberation* memiliki karakter yang berbeda tergantung dari kegunaan sebuah ruang. *Reverberation* dapat digambarkan atau diukur dengan *reverberation time*.

E. Medium Penyerap Suara

1. Karakteristik Media Penyerap Suara

Material (media) memiliki reaksi-reaksi yang berbeda terhadap bunyi dengan frekuensi yang berbeda. Pada umumnya material dengan nilai NRC di bawah 0,20 bersifat reflektif, sedangkan material dengan nilai NRC di atas 0,40 bersifat menyerap.

Tabel 4.1 Koefisien Penyerap Suara dan Nilai NRC untuk Berbagai Media

Material	α_{125}	α_{250}	α_{500}	α_{1000}	α_{2000}	α_{4000}	NRC
<i>Painted drywall</i>	0,10	0,08	0,05	0,03	0,03	0,03	0,05
<i>Plaster</i>	0,02	0,03	0,04	0,05	0,04	0,03	0,05
<i>Smooth concrete</i>	0,10	0,05	0,06	0,07	0,09	0,08	0,05
<i>Coarse concrete</i>	0,36	0,44	0,31	0,29	0,39	0,25	0,35
<i>Smooth brick</i>	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,07	0,05
<i>Glass</i>	0,05	0,03	0,02	0,02	0,03	0,02	0,05
<i>Metal blinds</i>	0,06	0,05	0,07	0,15	0,13	0,17	0,10
<i>Thick panel</i>	0,25	0,47	0,71	0,79	0,81	0,78	0,70

<i>Light drapery</i>	0,03	0,04	0,11	0,17	0,24	0,35	0,15
<i>Heavy drapery</i>	0,14	0,35	0,55	0,72	0,70	0,65	0,60
<i>Helmholtz resonator</i>	0,20	0,95	0,85	0,49	0,53	0,50	0,70
<i>Ceramic tile</i>	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,00
<i>Linoleum</i>	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,05
<i>Carpet</i>	0,05	0,05	0,10	0,20	0,30	0,40	0,15
<i>Carpet on concrete</i>	0,05	0,10	0,15	0,30	0,50	0,55	0,25
<i>Carpet on rubber</i>	0,05	0,15	0,13	0,40	0,50	0,60	0,30

Keterangan: α = Koefisien penyerapan/absorpsi bunyi (dalam desimal)

NRC = Koefisien reduksi bunyi

Koefisien penyerapan bunyi (α) adalah rasio antara bunyi yang diserap terhadap bunyi yang menumbuk permukaan bahan. Koefisien reduksi bunyi (NRC) yaitu nilai rata-rata koefisien penyerapan bunyi pada frekuensi bicara, yaitu dari 250 Hz sampai 2000 Hz. Umumnya, kemampuan bahan untuk menyerap bunyi ditentukan dengan NRC. NRC diukur dengan menggunakan persamaan matematis berikut.

$$NRC = \frac{\alpha_{250} + \alpha_{500} + \alpha_{1000} + \alpha_{2000}}{4} \quad (4-1)$$

2. Jenis-jenis Media Penyerap Suara

- Bata (*brick*) : Merupakan blok bangunan modular, terbuat dari tanah liat, bersifat sebagai pereduksi udara yang sangat baik terutama pada sistem dua paralel dibuat tanpa hubungan dengan adukan semen atau tanpa pelapis.
- Beton (*concrete*) : Material hasil campuran dari bahan air mempunyai daya yang kuat terhadap gaya tekan, digunakan untuk struktur slab atau dinding struktural. Beton merupakan pereduksi kebisingan udara yang sangat baik, dan tidak bersifat sebagai penyerap. Bila beton diberi celah udara dapat menyerap kebisingan dengan lebih baik lagi.
- Unit-unit blok beton (*concrete block units*) : Digunakan sebagai modular bangunan, bersifat mereduksi bunyi dan sangat baik, tergantung pada berat dan tidak pada kepadatan blok beton.
- Kaca (*glass*) : Merupakan bahan transparan dari silikat yang sangat ringan, dan bersifat sebagai pereduksi yang sangat baik terutama pada frekuensi menengah. Kualitas dapat ditingkatkan dengan sistem berlapis dan berfungsi sebagai penyerap kebisingan tetapi beresiko pada resonansi frekuensi rendah.

- e. Plywood : Jenis material ini tidak efektif untuk mereduksi bunyi kecuali bila digabung dengan material lain tetapi bila bentuknya tipis dapat menjadi penyerap yang kuat pada frekuensi rendah. Bahan plywood merupakan pemantul bunyi yang cukup baik.
- f. Rangka baja (*steel frame*) : Merupakan material dengan banyak kemungkinan. Susunan untuk menopang lantai atau atap sifatnya tidak mereduksi bunyi karena cukup kaku. Material baja berlubang yang dilengkapi dengan bahan penyerap seperti *fiberglass*, bersifat menyerap bunyi (NRC 0,5-0,9). Bahan yang banyak digunakan dalam sistem ekspos untuk mengurangi kebisingan dan dengung.
- g. Busa akustik (*acoustic foam*) : Merupakan material penyerap yang baik (NRC 0,25-0,9) sebagai bahan pengisi pada kursi teater sehingga dengan kosongnya penonton tidak akan mengakibatkan perubahan dengung dalam ruang.
- h. Kaca laminasi (*laminated glass*) : Penggabungan dua atau lebih lembar kaca dengan perekat. Jika dibandingkan dengan kaca tunggal, akan berfungsi sebagai pereduksi bunyi yang lebih baik.
- i. Karpet (*carpet*) : Jenis material yang berfungsi sebagai bahan absorbsi ruang dalam bentuk elemen lantai dengan tingkat penyerapan tinggi. Keberhasilan fungsi ditentukan oleh tebal dan proporsi bahan.
- j. Tirai dan tenunan (*curtains and woven*) : Beberapa jenis kain yang berfungsi sebagai penyerap bunyi yang baik bila memiliki ($\pm 500 \text{ gr/m}^2$). Tirai yang ringan hanya memiliki NRC 0,2 dan tirai yang berat dapat memiliki NRC lebih dari 0,7.
- k. Selimut berserat (*fibrous blanket*) : Berupa *fiberglass* yang digunakan untuk dinding atau plafon ekspos, berfungsi mengabsorpsi bunyi serta mereduksi kebisingan dan dengung (NRC 0,9).
- l. Papan berserat (*fibrous board*) : Biasa digunakan untuk panel dinding atau plafon, merupakan material penyerap yang baik tergantung dari ketebalannya (NRC 0,75 - 0,9).
- m. Semprotan berserat (*fibrous spray*) : Bersifat sebagai penyerap bunyi yang sangat baik dalam bentuk selimut atau papan, tergantung pada ketebalan, kepadatan dan diameter bahan.
- n. Fiber mineral dan selulosa : Jenis bahan fiber yang sering digunakan sebagai ubin, selimut, papan atau semprotan untuk penyerap bunyi.

Contoh Soal 4.2:

Bagaimana sifat unit-unit blok beton sebagai media penyerap suara?

Jawab :

Unit-unit blok beton bersifat mereduksi bunyi dan sangat baik, tergantung pada berat tetapi tidak pada kepadatan blok beton.

PENUGASAN KELAS

1. Bentuklah kelompok kecil dan diskusikanlah tentang ruang lingkup suara!
2. Diskusikanlah dalam kelompok kecil tentang teori akustik!

RANGKUMAN

1. Akustik adalah ilmu terapan yang dimaksudkan untuk memanjakan indra pendengaran Anda di suatu ruang tertutup terutama yang relatif besar. Akustik adalah ilmu interdisipliner yang berkaitan dengan studi dari semua gelombang mekanik dalam gas, cairan, dan padatan termasuk getaran, USG, suara, dan infrasonik. Akustik sendiri memiliki definisi sebagai teori gelombang suara dan perambatannya pada suatu medium. Suara merupakan sesuatu yang tak asing buat kita, karena dalam kehidupan kita selalu bersinggungan dengan suara (kecuali bagi orang tuli). Suara dapat kita rasakan dan dengarkan, namun keberadaannya tak pernah dapat kita lihat alias tak kasat mata, sehingga akan sangat sulit menerangkan seperti apa gambaran suara itu. Suara atau bunyi dapat didefinisikan sebagai gelombang yang bergerak dalam medium baik gas, cair maupun padat.
2. Kata akustik berasal dari bahasa Yunani "akuostikos" yang berarti, segala sesuatu yang bersangkutan dengan pendengaran pada suatu kondisi ruang yang dapat mempengaruhi mutu bunyi. Akustik mempunyai tujuan untuk mencapai kondisi pendengaran suara yang sempurna yaitu murni, merata, jelas dan tidak berdengung sehingga sama seperti aslinya, bebas dari cacat dan kebisingan. Faktor – faktor yang mendasari masalah akustik adalah sumber suara, perambatan suara, penerimaan suara, intensitas suara, dan frekuensi suara. Faktor – faktor lain yang juga ikut mempengaruhi keberhasilan tata suara didalam ruang antara lain faktor konstruksi bangunan, kualitas dan sifat bahan serta kondisi lingkungan.

3. Perkembangan akustik ruang berasal dari kebutuhan akan perlakuan bunyi pada bangunan umum, mulai dari perkembangan teater Yunani klasik dan Romawi, gereja Gothic dan Baroque, gedung opera abad ke-19, serta gedung pertunjukan abad ke-20.
4. Parameter akustik antara lain:
 - a. Bunyi: Menurut Leslie L. Doelle, bunyi memiliki dua definisi, secara fisis yaitu penyimpangan tekanan, pergeseran partikel dalam medium elastik seperti udara (bunyi obyektif) dan secara fisiologis yaitu sensasi pendengaran yang disebabkan oleh penyimpangan fisis (bunyi subyektif).
 - b. Frekuensi: Menurut Leslie L. Doelle, frekuensi merupakan jumlah pergeseran atau osilasi yang dilakukan sebuah partikel dalam 1 sekon. Satuan dari frekuensi adalah hertz (Hz).
 - c. Desibel: Menurut Leslie L. Doelle, desibel (dB) adalah perubahan terkecil dalam tekanan bunyi yang dapat dideteksi telinga pada umumnya.
 - d. *Reverberation time*: Menurut James Cowan, *reverberation* (gema/gaung) merupakan penumpukan bunyi dalam ruang, yang dihasilkan oleh pemantulan gelombang bunyi yang berulang-ulang dari seluruh permukaan sebuah ruang.
5. Material (media) memiliki reaksi-reaksi yang berbeda terhadap bunyi dengan frekuensi yang berbeda. Pada umumnya material dengan nilai NRC di bawah 0,20 bersifat reflektif, sedangkan material dengan nilai NRC di atas 0,40 bersifat menyerap. Contoh material yang bersifat reflektif dari nilai NRC adalah *Painted drywall*, *Plaster*, *Smooth concrete*. Sedangkan contoh material yang bersifat menyerap dari nilai NRC adalah *Thick panel*, *Heavy drapery*, *Helmholtz resonator*. Koefisien penyerapan bunyi (α) adalah rasio antara bunyi yang diserap terhadap bunyi yang menumbuk permukaan bahan. Koefisien reduksi bunyi (NRC) yaitu nilai rata-rata koefisien penyerapan bunyi pada frekuensi bicara, yaitu dari 250 Hz sampai 2000 Hz.

EVALUASI FORMATIF 1

1. Mengapa suara dapat kita rasakan dalam kehidupan?
2. Apa yang dimaksud akustik lingkungan?
3. Sebutkan faktor-faktor yang mempengaruhi keberhasilan tata suara didalam ruang!
4. Bagaimana perkembangan akustik auditorium pada abad ke-19?
5. Jelaskan perbedaan dua definisi dari bunyi!
6. Jelaskan apa yang dimaksud dari desibel menurut James Cowan!

7. Bagaimana fungsi karpet terhadap jenis material penyerap suara?

KUNCI JAWABAN EVALUASI FORMATIF 1

1. Karena suara merupakan sesuatu yang tak asing bagi kita, sebagai fenomena fisik yang dihasilkan oleh getaran benda dimana proses produksinya melalui tekanan dalam medium gas (udara), cair maupun padat, sehingga dapat kita rasakan melalui indra pendengaran.
2. Akustik lingkungan adalah teori gelombang suara dan perambatannya pada suatu medium menciptakan suatu lingkungan, dimana kondisi ideal disediakan, baik dalam ruang tertutup maupun di udara terbuka.
3. Faktor-faktor yang mempengaruhi keberhasilan tata suara didalam ruang yaitu: faktor konstruksi bangunan, kualitas dan sifat bahan serta kondisi lingkungan.
4. Pada abad ke-19 beberapa nama yang menaruh perhatian terhadap akustik muncul, diantaranya Lord Rayleigh dengan bukunya berjudul "*The Theory of Sound*". Sebelum abad ke-20, W.C. Sabine dari Universitas Harvard telah merintis perancangan akustik ruang, dengan teorinya "*Reverberation Time*" (waktu dengung).
5. Bunyi memiliki dua definisi: Bunyi obyektif artinya bunyi secara fisis yaitu penyimpangan tekanan, pergeseran partikel dalam medium elastik seperti udara; dan bunyi subyektif artinya bunyi secara fisiologis yaitu sensasi pendengaran yang disebabkan oleh penyimpangan fisis.
6. Menurut James Cowan, Desibel (dB) adalah ukuran kekuatan medan bunyi pada skala logaritmik. Dapat digunakan untuk menunjukkan besarnya tingkat bunyi pada suatu titik dalam sebuah medan bunyi atau jumlah keseluruhan tingkat kekuatan sebuah sumber bunyi. Dapat didefinisikan secara matematis sebagai 10 dikalikan dengan logaritma dari kuantitas yang diukur dengan nilai referensi dari kuantitas yang sama, dimana kuantitas berhubungan dengan kekuatan dari sumber.
7. Karpet berfungsi sebagai bahan absorbsi ruang dalam bentuk elemen lantai dengan tingkat penyerapan tinggi. Keberhasilan fungsi ditentukan oleh tebal dan proporsi bahan.

Lembar Kerja Praktek 1

Kegiatan Pembelajaran 2: PENCEMARAN SUARA

KEMAMPUAN AKHIR YANG DIHARAPKAN

1. Mahasiswa memahami definisi pencemaran suara
2. Mahasiswa memahami faktor-faktor pencemaran suara
3. Mahasiswa mampu menjelaskan dampak dari pencemaran suara
4. Mahasiswa mengetahui cara menanggulangi pencemaran suara

URAIAN MATERI

A. Definisi Pencemaran Suara

Pencemaran suara adalah keadaan di mana masuknya suara yang masuk terlalu banyak sehingga mengganggu kenyamanan lingkungan manusia. Pencemaran suara cukup menjadi ancaman serius bagi kualitas lingkungan terutama di bagian suasana. Sumber pencemaran suara adalah kebisingan, yaitu bunyi atau suara yang dapat mengganggu dan merusak pendengaran manusia. Bunyi disebut bising apabila intensitasnya telah melampaui 50 desibel. Suara dengan intensitas tinggi, seperti yang dikeluarkan oleh banyak mesin industri, kendaraan bermotor, dan pesawat terbang bila berlangsung secara terus-menerus dalam jangka waktu yang lama dapat mengganggu manusia, bahkan menyebabkan cacat pendengaran yang permanen.

Ada beberapa pengertian yang berkaitan dengan pencemaran bunyi, antara lain:

1. Pencemaran bunyi (bunyi persekitaran) merupakan bunyi hasil dari mesin, hewan dan manusia yang mengganggu aktivitas atau keseimbangan kehidupan manusia atau hewan.
2. Polusi suara atau pencemaran suara adalah gangguan pada lingkungan yang diakibatkan oleh bunyi atau suara yang mengakibatkan ketidaktentraman makhluk hidup di sekitarnya.
3. Pencemaran bunyi adalah bunyi bising yang keterlaluan yang bisa memekakkan telinga siapa yang mendengarnya. Pencemaran bunyi biasanya melebihi 80 desibel.
4. Pencemaran bunyi adalah bunyi atau suara yang tidak dikehendaki dan dapat mengganggu kesehatan dan kenyamanan lingkungan yang dinyatakan dalam satuan

desibel. Kebisingan juga dapat didefinisikan sebagai bunyi yang tidak disukai, suara yang mengganggu atau bunyi yang menjengkelkan.

B. Faktor-faktor Pencemaran Suara

Zat atau bahan yang dapat mengakibatkan pencemaran disebut polutan. Syarat syarat suatu zat disebut polutan bila keberadaannya dapat menyebabkan kerugian terhadap makhluk hidup. Sifat polutan adalah:

1. Merusak untuk sementara, tetapi bila telah bereaksi dengan zat lingkungan tidak merusak lagi.
2. Merusak dalam jangka waktu lama.

Bunyi yang menimbulkan kebisingan disebabkan oleh sumber suara yang bergetar. Getaran sumber suara ini mengganggu keseimbangan molekul udara sekitarnya sehingga molekul-molekul udara ikut bergetar. Getaran sumber ini menyebabkan terjadinya gelombang rambatan energi mekanis dalam medium udara menurut pola rambatan longitudinal. Rambatan gelombang di udara ini dikenal sebagai suara atau bunyi sedangkan dengan konteks ruang dan waktu sehingga dapat menimbulkan gangguan kenyamanan dan kesehatan.

Untuk mengetahui penyebab terjadinya pencemaran bunyi, maka kita perlu tahu sumber-sumber dari pencemaran bunyi. Sumber pencemaran bunyi ialah sumber bunyi yang kehadirannya dianggap mengganggu pendengaran baik dari sumber bergerak maupun tidak bergerak. Umumnya sumber kebisingan dapat berasal dari kegiatan industri, perdagangan, pembangunan, alat pembangkit tenaga, alat pengangkut dan kegiatan rumah tangga. Di Industri, sumber kebisingan dapat diklasifikasikan menjadi 3 macam, yaitu :

1. Mesin; Kebisingan yang ditimbulkan oleh aktivitas mesin.
2. Vibrasi; Kebisingan yang ditimbulkan oleh akibat getaran yang ditimbulkan akibat gesekan, benturan atau ketidakseimbangan gerakan bagian mesin. Terjadi pada roda gigi, roda gila, batang torsi, piston, fan, bearing, dan lain-lain.
3. Pergerakan fluida (udara, gas dan cairan); Kebisingan ini ditimbulkan akibat pergerakan udara, gas, dan cairan dalam kegiatan proses kerja industri misalnya pada pipa penyalur cairan gas, outlet pipa, gas buang, jet, *are boom*, dan lain-lain.

Sebagai contoh beberapa bunyi/suara yang menyebabkan kebisingan yang kekuatannya diukur dengan dB atau desibel adalah :

1. Orang ribut / silat lidah = 80 dB
2. Suara kereta api / krl = 95 dB

3. Mesin motor 5 pk = 104 dB
4. Suara petir = 120 dB
5. Pesawat jet tinggal landas = 150 dB

Pencemaran suara disebabkan oleh bunyi atau suara yang mengganggu pendengaran makhluk hidup di sekitar sumber suara. Berikut ini adalah beberapa penyebab polusi suara yang paling umum dirasakan di lingkungan kita:

1. Suara klakson motor dan mobil.
2. Suara knalpot kendaraan bermotor.
3. Suara mesin pesawat.
4. Suara kereta api.
5. Suara alami, seperti petir dan ledakan gunung berapi.
6. Suara TOA masjid dan speaker speaker yang tidak dalam kondisi baik.
7. Suara teriakan yang memekakan telinga.



Gambar 4.3 Ilustrasi pencemaran suara yang dapat ditemukan di lingkungan kita

Contoh Soal 4.3:

Jelaskan yang dimaksud sumber pencemaran bunyi!

Jawab :

Sumber pencemaran bunyi ialah sumber bunyi yang kehadirannya dianggap mengganggu pendengaran baik dari sumber bergerak maupun tidak bergerak. Umumnya sumber pencemaran bunyi atau biasa disebut kebisingan dapat berasal dari kegiatan industri, perdagangan, pembangunan, alat pembangkit tenaga, alat pengangkut dan kegiatan rumah tangga.

C. Dampak Pencemaran Suara

Tingkat pencemaran didasarkan pada kadar zat pencemar dan waktu (lamanya) kontak. Menurut WHO, tingkat pencemaran dibedakan menjadi 3, yaitu sebagai berikut :

1. Pencemaran yang mulai mengakibatkan iritasi (gangguan) ringan pada panca indra dan tubuh serta telah menimbulkan kerusakan pada ekosistem lain.
2. Pencemaran yang sudah mengakibatkan reaksi pada faal tubuh dan menyebabkan sakit yang kronis
3. Pencemaran yang kadar zat-zat pencemarnya demikian besarnya sehingga menimbulkan gangguan dan sakit atau kematian dalam lingkungan.

Pencemaran bunyi dapat menyebabkan berbagai gangguan seperti gangguan fisiologis, gangguan psikologis, gangguan komunikasi, dan ketulian. Ada yang menggolongkan gangguannya berupa gangguan *Auditory*, misalnya gangguan terhadap pendengaran dan gangguan non *Auditory* seperti gangguan komunikasi, ancaman bahaya keselamatan, menurunnya performan kerja, stres dan kelelahan. Lebih rinci dampak kebisingan terhadap kesehatan pekerja dijelaskan sebagai berikut:

1. Gangguan Fisiologis

Pada umumnya, bising bernada tinggi sangat mengganggu, apalagi bila terputus-putus atau yang datangnya tiba-tiba. Gangguan dapat berupa peningkatan tekanan darah (± 10 mmHg), peningkatan nadi, konstiksi pembuluh darah perifer terutama pada tangan dan kaki, serta dapat menyebabkan pucat dan gangguan sensoris. Bising dengan intensitas tinggi dapat menyebabkan pusing/sakit kepala. Hal ini disebabkan bising dapat merangsang situasi reseptor vestibular dalam telinga dalam yang akan menimbulkan efek pusing/vertigo. Perasaan mual, susah tidur dan sesak nafas disebabkan oleh rangsangan bising terhadap sistem saraf, keseimbangan organ, kelenjar endokrin, tekanan darah, sistem pencernaan dan keseimbangan elektrolit.

2. Gangguan Psikologis

Gangguan psikologis dapat berupa rasa tidak nyaman, kurang konsentrasi, susah tidur, dan cepat marah. Bila kebisingan diterima dalam waktu lama dapat menyebabkan penyakit psikosomatik berupa gastritis, jantung, stres, kelelahan dan lain-lain.

3. Gangguan Komunikasi

Gangguan komunikasi biasanya disebabkan masking effect (bunyi yang menutupi pendengaran yang kurang jelas) atau gangguan kejelasan suara. Komunikasi pembicaraan harus dilakukan dengan cara berteriak. Gangguan ini menyebabkan terganggunya pekerjaan, sampai pada kemungkinan terjadinya kesalahan karena tidak mendengar isyarat atau tanda bahaya. Gangguan komunikasi ini secara tidak langsung membahayakan keselamatan seseorang.

4. Gangguan Keseimbangan

Bising yang sangat tinggi dapat menyebabkan kesan berjalan di ruang angkasa atau melayang, yang dapat menimbulkan gangguan fisiologis berupa kepala pusing (vertigo) atau mual-mual.

5. Efek pada Pendengaran

Pengaruh utama dari bising pada kesehatan adalah kerusakan pada indera pendengaran, yang menyebabkan tuli progresif dan efek ini telah diketahui dan diterima secara umum dari zaman dulu. Mula-mula efek bising pada pendengaran adalah sementara dan pemulihan terjadi secara cepat sesudah pekerjaan di area bising dihentikan. Akan tetapi apabila bekerja terus-menerus di area bising maka akan terjadi tuli menetap dan tidak dapat normal kembali, biasanya dimulai pada frekuensi 4000 Hz dan kemudian makin meluas ke frekuensi sekitarnya dan akhirnya mengenai frekuensi yang biasanya digunakan untuk percakapan. Macam-macam gangguan pendengaran (ketulian), dapat dibagi atas :

a. Tuli sementara (Temporary Threshold Shift =TTS)

Diakibatkan paparan terhadap bising dengan intensitas tinggi. Seseorang akan mengalami penurunan daya dengar yang sifatnya sementara dan biasanya waktu paparan terlalu singkat. Apabila tenaga kerja diberikan waktu istirahat secara cukup, daya dengarnya akan pulih kembali.

b. Tuli menetap (Permanent Threshold Shift =PTS)

Diakibatkan waktu paparan yang lama (kronis), besarnya PTS di pengaruhi faktor-faktor sebagai berikut :

- 1) Tingginya level suara
- 2) Lama paparan
- 3) Spektrum suara
- 4) Temporal pattern, bila kebisingan yang kontinyu maka kemungkinan terjadi TTS akan lebih besar
- 5) Kepekaan individu
- 6) Pengaruh obat-obatan, beberapa obat-obatan dapat memperberat (pengaruh synergistik) ketulian apabila diberikan bersamaan dengan kontak suara, misalnya quinine, aspirin, dan beberapa obat lainnya.
- 7) Keadaan Kesehatan

c. Trauma akustik

Trauma akustik adalah setiap perlukaan yang merusak sebagian atau seluruh alat pendengaran yang disebabkan oleh pengaruh pajanan tunggal atau beberapa pajanan dari bising dengan intensitas yang sangat tinggi, ledakan-ledakan atau suara yang sangat keras, seperti suara ledakan meriam yang dapat memecahkan gendang telinga, merusakkan tulang pendengaran atau saraf sensoris pendengaran.

d. *Prebycusis*

Penurunan daya dengar sebagai akibat pertambahan usia merupakan gejala yang dialami hampir semua orang dan dikenal dengan *prebycusis* (menurunnya daya dengar pada nada tinggi). Gejala ini harus diperhitungkan jika menilai penurunan daya dengar akibat pajanan bising ditempat tersebut.

e. Tinitus

Tinitus merupakan suatu tanda gejala awal terjadinya gangguan pendengaran. Gejala yang ditimbulkan yaitu telinga berdenging. Orang yang dapat merasakan tinitus dapat merasakan gejala tersebut pada saat keadaan hening seperti saat tidur malam hari atau saat berada diruang pemeriksaan audiometri.

Apakah hewan dapat terkena dampak dari polusi suara? Jawabannya adalah “iya”. Seorang ilmuwan dari *Wildlife Conservation Society* (WCS) juga pernah mengajukan semacam itu, “Jika Anda menebang kayu di hutan hutan, bisakah hewan-hewan liar mendengarnya?” Dari pertanyaan tersebut, para ilmuwan kemudian mengembangkan metode penelitian untuk mencari tahu bagaimana suara akan berpengaruh terhadap hewan liar.

Penelitian tersebut mendapatkan hasil yang mampu memberikan prediksi bagaimana suara dapat menyebar melalui lingkungan sekitar. Data-data spasial digunakan dalam penelitian tersebut untuk mengetahui dampak vegetasi, kondisi lahan, cuaca dan suara-suara lain terhadap hewan-hewan liar. Diperoleh hasil bahwa faktor-faktor diatas akan memengaruhi kualitas habitat suatu wilayah, termasuk distribusi geogra s beberapa spesies dan stres seperti pada manusia.



Gambar 4.4 Burung hantu termasuk hewan yang kena dampak pencemaran suara

Contohnya dengan melakukan perbandingan sensitivitas manusia dan burung hantu terhadap polusi suara dari kendaraan bermotor, SPreAD-GIS menyimpulkan bahwa suara bising dari polusi suara dari kendaraan bermotor akan memberikan dampak kepada burung hantu dalam wilayah yang lebih luas 45% dibanding manusia. Pencemaran suara akan mengganggu kemampuan burung hantu untuk mencari mangsa karena burung hantu menggunakan indera pendengarannya untuk menemukan mangsa.

Selain itu, ternyata ikan yang mungkin kita tahu tidak memiliki indera pendengaran berupa daun telinga juga dapat terkena dampak dari polusi suara. Ikan dapat terganggu akibat aktivitas manusia di perairan laut maupun sungai, seperti pengeboran minyak, suara kapal, dan suara sonar. Akibatnya, akan berpengaruh terhadap distribusi ikan dan kemampuannya untuk bereproduksi, berkomunikasi serta menghindari pemangsa. Sehingga semakin meningkatnya level kebisingan di lautan ternyata mempengaruhi penurunan distribusi ikan dan kemampuan ikan-ikan itu bereproduksi, berkomunikasi dan menghindari pemangsa.

Meski ikan tidak memiliki daun telinga, ternyata ikan memiliki kemampuan untuk mendengar suara dengan frekuensi 30 Hz sampai 1.000 Hz. Tidak hanya itu, pada ikan yang telah beradaptasi pada kondisi tertentu, mereka memiliki kemampuan untuk mendengar suara dengan frekuensi 3.000 Hz sampai 5.000 Hz bahkan frekuensi yang sangat tinggi seperti belut eropa yang dapat mendengar suara infrasonik. Bahkan, beberapa spesies ikan tertentu mampu mendengar suara berfrekuensi sangat tinggi. Sementara jenis lain misalnya belut eropa sangat sensitif terhadap suara infrasonik.

Contoh Soal 4.4:

Apa yang menyebabkan trauma akustik terhadap gejala gangguan pendengaran?

Jawab :

Trauma akustik disebabkan oleh pengaruh pajanan tunggal atau beberapa pajanan dari bising dengan intensitas yang sangat tinggi, ledakan-ledakan atau suara yang sangat keras, seperti suara ledakan meriam yang dapat memecahkan gendang telinga, merusakkan tulang pendengaran atau saraf sensoris pendengaran.

D. Cara Menanggulangi Pencemaran Suara

Manusia memiliki batas pendengaran dan tidak semua hal dapat di dengar oleh manusia. Kemampuan pendengaran manusia frekuensinya sekitar 20 Hz sampai 20.000 Hz. Apabila manusia berada dalam wilayah yang bising maka hal ini akan beresiko mengalami gangguan pendengaran yang disebabkan oleh polusi suara. Banyak yang menjadi sumber

polusi suara dan tentunya hal ini tidak dapat dibiarkan begitu saja sehingga perlu diadakannya pencegahan dan penanggulangan terhadap polusi suara. Berikut cara mencegah terjadinya pencemaran suara:

1. Membuat ruangan kedap suara

Agar dapat memblokir terjadinya polusi suara maka anda dapat melakukannya dengan cara membuat rumah anda menjadi kedap suara agar anda tidak bisa mendengarkan kebisingan disekitar rumah anda yang disebabkan oleh polusi suara. Hal ini tentunya membuat anda lebih tenang dan nyaman dalam melakukan aktivitas sehari-hari dan juga pada saat beristirahat. Bahan yang dapat anda gunakan untuk peredam bising suara yaitu karpet dan panel busa. Kedua bahan tersebut memiliki harga ekonomis dan gampang di pasang serta memiliki efektivitas yang tinggi.

2. Membuat suasana kamar atau area tenang dengan menghindari mesin yang berisik

Untuk mencegah kebisingan sebaiknya area kamar atau area tertentu di jauhkan dari mesin atau barang yang membuat kebisingan sehingga muncullah polusi suara. Hal ini akan membuat kamar atau ruangan tersbut menjadi lebih tenang dan nyaman saat ditempati anda untuk beristirahat. Selain menghindari mesin yang ada di dalam ruangan sebaiknya anda juga mengurangi penggunaan barang-barang elektronik yang membuat kebisingan. Contohnya penggunaan TV dan penggunaan AC.

3. Menjauhi kebisingan apabila anda berada di lingkungan yang ramai

Menjauhi dari kebisingan setiap hari mungkin suatu hal yang mustahil untuk dilakukan karena pada hakikatnya kita adalah makhluk sosial yang hidup berada di lingkungan masyarakat. Terlebih lagi apabila tempat tinggal anda berada dalam lingkungan yang ramai seperti halnya dekat dengan jalan raya tentunya setiap hari anda akan terpapar polusi suara yang disebabkan oleh kendaraan. Menjauh untuk beberapa saat dari keramaian tersebut merupakan hal yang tepat anda lakukan untuk mengembalikan keseimbangan emosi. Pergilah ke tempat yang tenang dan nikmati ketenangan tersebut.

Cara menanggulangi pencemaran suara dapat dilakukan dalam beberapa hal sebagai berikut.

1. Pendidikan

Melalui pendidikan dapat memberikan kesadaran serta membentuk sikap positif terhadap alam sekitar terutama dari hal-hal yang sangat kecil. Melalui pendidikan mereka dapat mengetahui berbagai pencemaran alam dari segi efek-efek negatif terhadap lingkungan dan manusia.

2. Tanggung jawab bersama

Pemerintah harus berperan dalam membuat hukum untuk melindungi alam sekitar. Pengawasan oleh pejabat lingkungan perlu ditingkatkan. Pengusaha pabrik harus mendapatkan pengetahuan tentang berbagai bentuk pencemaran dan dampaknya terhadap lingkungan sebelum memulai operasi pabriknya. Sehingga pemilik pabrik dapat memasang alat peredam suara dalam setiap produknya sehingga kebisingan dapat diminimalisir, terutama untuk pabrik kendaraan. Pabrik kendaraan perlu memikirkan produksi kendaraan yang mesinnya lebih senyap dan ramah lingkungan.

Selain itu, masyarakat juga harus memperhatikan alat-alat yang dapat menimbulkan kebisingan, karena delapan puluh persen penyebab pencemaran suara ini datangnya dari manusia sendiri. Terutama peralatan rumah tangga, seperti tidak terlalu banyak memakai alat elektronik yang menimbulkan suara bising, tidak berteriak dalam berbicara atau tidak mendengarkan musik dengan earphone dengan sangat keras. Karena secara tidak langsung hal itu bisa mengurangi kelelahan otak dalam mendengar.

3. Pameran dan kampanye lingkungan

Mengadakan pameran secara berkala di setiap daerah tertentu tentu perlu dilakukan dengan mendistribusikan brosur tentang penyebab dan dampak pencemaran suara terhadap lingkungan dan manusia. Selain itu, pemerintah perlu menunjukkan *slide* terkait pencemaran suara agar dapat menyadarkan masyarakat dan mengajar masyarakat untuk melindungi lingkungan.

4. Media massa

Penyiaran masalah terkait lingkungan agar masyarakat peka dan berhati-hati untuk melindungi lingkungan dari pencemaran. Di samping itu juga pihak media massa juga harus selalu meng-*update* informasi tentang lingkungan terutama masalah pencemaran.

Contoh Soal 4.5:

Mengapa masyarakat harus memperhatikan alat-alat yang menimbulkan kebisingan?

Jawab :

Karena delapan puluh persen penyebab kebisingan atau pencemaran suara ini datangnya dari manusia (masyarakat) sendiri.

PENUGASAN KELAS

1. Bentuklah kelompok kecil dan diskusikanlah tentang pencemaran suara dan dampaknya!
2. Diskusikanlah dalam kelompok kecil tentang cara menanggulangi pencemaran suara!

RANGKUMAN

1. Pencemaran suara adalah keadaan di mana masuknya suara yang masuk terlalu banyak sehingga mengganggu kenyamanan lingkungan manusia. Pencemaran suara cukup menjadi ancaman serius bagi kualitas lingkungan terutama di bagian suasana. Sumber pencemaran suara adalah kebisingan, yaitu bunyi atau suara yang dapat mengganggu dan merusak pendengaran manusia. Bunyi disebut bising apabila intensitasnya telah melampaui 50 desibel.
2. Untuk mengetahui penyebab terjadinya pencemaran bunyi, maka kita perlu tahu sumber-sumber dari pencemaran bunyi. Sumber pencemaran bunyi ialah sumber bunyi yang kehadirannya dianggap mengganggu pendengaran baik dari sumber bergerak maupun tidak bergerak. Umumnya sumber kebisingan dapat berasal dari kegiatan industri, perdagangan, pembangunan, alat pembangkit tenaga, alat pengangkut dan kegiatan rumah tangga. Di Industri, sumber kebisingan dapat diklasifikasikan menjadi 3 macam, yaitu: mesin, vibrasi, dan pergerakan fluida.
3. Pencemaran bunyi dapat menyebabkan berbagai gangguan seperti gangguan fisiologis, gangguan psikologis, gangguan komunikasi, dan ketulian. Ada yang menggolongkan gangguannya berupa gangguan *Auditory*, misalnya gangguan terhadap pendengaran dan gangguan non *Auditory* seperti gangguan komunikasi, ancaman bahaya keselamatan, menurunnya performan kerja, stres dan kelelahan.
4. Pencemaran suara akan mengganggu kemampuan burung hantu untuk mencari mangsa karena burung hantu menggunakan indera pendengarannya untuk menemukan mangsa. Selain itu, ternyata ikan yang mungkin kita tahu tidak memiliki indera pendengaran berupa daun telinga juga dapat terkena dampak dari polusi suara. Ikan dapat terganggu akibat aktivitas manusia di perairan laut maupun sungai, seperti pengeboran minyak, suara kapal, dan suara sonar.
5. Cara mencegah terjadinya pencemaran suara antara lain:
 - Membuat ruangan kedap suara,

- Membuat suasana kamar atau area tenang dengan menghindari mesin yang berisik, dan
 - Menjauhi kebisingan apabila anda berada di lingkungan yang ramai.
6. Cara menanggulangi terjadinya pencemaran suara dapat dilakukan seperti: pendidikan, tanggung jawab bersama, pameran dan kampanye lingkungan, serta media massa.

EVALUASI FORMATIF 2

1. Jelaskan definisi dari pencemaran suara!
2. Jelaskan 3 macam sumber kebisingan di industri!
3. Sebutkan penyebab polusi suara yang paling umum dirasakan di lingkungan kita!
4. Mengapa kebisingan dengan intensitas tinggi dapat menyebabkan sakit kepala?
5. Bagaimana gejala yang ditimbulkan dari tinitus?
6. Apa akibat kemampuan ikan terhadap dampak polusi suara?
7. Jelaskan cara-cara mencegah terjadinya pencemaran suara!
8. Bagaimana peranan media massa dalam menanggulangi pencemaran suara?

KUNCI JAWABAN EVALUASI FORMATIF 2

1. Pencemaran suara adalah keadaan di mana masuknya suara yang masuk terlalu banyak sehingga mengganggu kenyamanan lingkungan manusia. Pencemaran suara cukup menjadi ancaman serius bagi kualitas lingkungan terutama dibagian suasana. Sumber pencemaran suara adalah kebisingan, yaitu bunyi atau suara yang dapat mengganggu dan merusak pendengaran manusia. Bunyi disebut bising apabila intensitasnya telah melampaui 50 desibel.
2. Sumber kebisingan di industri dapat di klasifikasi menjadi 3 macam, yaitu :
 - a) Mesin: kebisingan yang ditimbulkan oleh aktivitas mesin.
 - b) Vibrasi: kebisingan yang ditimbulkan oleh akibat getaran yang ditimbulkan akibat gesekan, benturan atau ketidak seimbangan gerakan bagian mesin. Terjadi pada roda gigi, roda gila, batang torsi, piston, fan, bearing, dan lain-lain.
 - c) Pergerakan fluida (udara, gas dan cairan): kebisingan ini ditimbulkan akibat pergerakan fluida dalam kegiatan proses kerja industri misalnya pada pipa penyalur cairan gas, outlet pipa, gas buang, jet, are boom, dan lain-lain.
3. Beberapa penyebab polusi suara yang paling umum dirasakan di lingkungan kita: suara klakson motor dan mobil, suara knalpot kendaraan bermotor, suara mesin pesawat, suara

- kereta api, suara alami seperti petir dan ledakan gunung berapi, suara TOA masjid dan speaker speaker yang tidak dalam kondisi baik, suara teriakan yang memekakan telinga.
4. Karena kebisingan dengan intensitas tinggi dapat merangsang situasi reseptor vestibular dalam telinga dalam yang akan menimbulkan efek pusing atau vertigo.
 5. Gejala yang ditimbulkan tinitus yaitu telinga berdenging. Orang yang dapat merasakan tinitus dapat merasakan gejala tersebut pada saat keadaan hening seperti saat tidur malam hari atau saat berada di ruang pemeriksaan audiometri.
 6. Akibatnya, akan mempengaruhi penurunan kemampuan ikan-ikan itu bereproduksi, berkomunikasi dan menghindari pemangsa.
 7. Cara-cara mencegah terjadinya pencemaran suara, antara lain:
 - a) Membuat ruangan kedap suara: Agar dapat memblokir terjadinya polusi suara maka anda dapat melakukannya dengan cara membuat rumah anda menjadi kedap suara agar anda tidak bisa mendengarkan kebisingan disekitar rumah anda yang disebabkan oleh polusi suara. Hal ini tentunya membuat anda lebih tenang dan nyaman dalam melakukan aktivitas sehari-hari dan juga pada saat beristirahat. Bahan yang dapat anda gunakan untuk peredam bising suara yaitu karpet dan panel busa.
 - b) Membuat suasana kamar atau area tenang dengan menghindari mesin yang berisik: Untuk mencegah kebisingan sebaiknya area kamar atau area tertentu di jauhkan dari mesin atau barang yang membuat kebisingan. Hal ini akan membuat kamar atau ruangan tersebut menjadi lebih tenang dan nyaman saat ditempati anda untuk beristirahat. Selain menghindari mesin yang ada di dalam ruangan sebaiknya anda juga mengurangi penggunaan barang-barang elektronik yang membuat kebisingan seperti penggunaan TV dan penggunaan AC.
 - c) Menjauhi kebisingan apabila anda berada di lingkungan yang ramai: Menjauhi dari kebisingan setiap hari mungkin suatu hal yang mustahil untuk dilakukan karena pada hakikatnya kita adalah makhluk sosial yang hidup berada di lingkungan masyarakat. Terlebih lagi apabila tempat tinggal anda berada dalam lingkungan yang ramai seperti halnya dekat dengan jalan raya tentunya setiap hari anda akan terpapar polusi suara yang disebabkan oleh kendaraan. Menjauh untuk beberapa saat dari keramaian tersebut merupakan hal yang tepat anda lakukan untuk mengembalikan keseimbangan emosi dan menikmati ketenangan.

8. Peranan media massa dalam menanggulangi pencemaran suara dapat melalui penyiaran masalah terkait lingkungan agar masyarakat peka dan berhati-hati untuk melindungi lingkungan dari pencemaran. Di samping itu juga pihak media massa juga harus selalu meng-*update* informasi tentang lingkungan terutama masalah pencemaran.

Lembar Kerja Praktek 2

Kegiatan Pembelajaran 3: METODE PENGUKURAN SERAP SUARA

KEMAMPUAN AKHIR YANG DIHARAPKAN

1. Mahasiswa mampu menjelaskan tingkat bising latar belakang
2. Mahasiswa mampu menjelaskan distribusi tingkat tekanan bunyi
3. Mahasiswa mampu menganalisis respon impuls ruang

URAIAN MATERI

Kriteria yang biasa dipakai untuk mengukur kualitas akustik ruang auditorium adalah parameter subjektif dan objektif. Parameter subjektif lebih banyak ditentukan oleh persepsi individu, berupa penilaian terhadap seorang pembicara oleh pendengar dengan nilai indeks antara 0 sampai 10. Parameter subjektif meliputi *intimacy*, *spaciousness* atau *envelopment*, *fullness*, dan *overall impressions* yang biasanya dipakai untuk akustik teater dan *concert hall*. Parameter ini memiliki banyak kelemahan karena persepsi masing-masing individu dapat memberikan penilaian yang berbeda-beda sesuai dengan latar belakang individu, sehingga diperlukan metode pengukuran yang lebih objektif dan bersifat analitis seperti bising latar belakang (*background noise*), distribusi Tingkat Tekanan Bunyi (TTB), RT (*Reverberation Time*), EDT (*Early Decay Time*), D50 (*Deutlichkeit*), C50 - C80 (*Clarity*), dan TS (*Centre Time*).

A. Tingkat Bising Latar Belakang (*Background Noise Level*)

Dalam setiap ruangan, dirasakan atau tidak, akan selalu ada suara. Hal ini menjadi dasar pengertian tentang adanya bising latar belakang (*background noise*). Bising latar belakang dapat didefinisikan sebagai suara yang berasal bukan dari sumber suara utama atau suara yang tidak diinginkan. Dalam suatu ruangan tertutup seperti auditorium maka bising latar belakang dihasilkan oleh peralatan mekanikal atau elektrik di dalam ruang seperti pendingin udara (*air conditioning*), kipas angin, dan seterusnya. Demikian pula, kebisingan yang datang dari luar ruangan, seperti bising lalu lintas di jalan raya, bising di area parkir kendaraan, dan seterusnya. Bising latar belakang tidak dapat sepenuhnya dihilangkan, akan tetapi dapat dikurangi atau diturunkan melalui serangkaian perlakuan akustik terhadap ruangan. Besaran bising latar belakang ruang dapat diketahui melalui pengukuran Tingkat Tekanan Bunyi (TTB) di dalam ruangan pada rentang frekuensi tengah pita oktaf antara 63

Hz sampai dengan 8 kHz, dimana hasil pengukuran digunakan untuk menentukan kriteria kebisingan ruang dengan cara memetakannya pada kurva kriteria kebisingan (*Noise Criteria* – NC).

B. Distribusi Tingkat Tekanan Bunyi

Salah satu tujuan dalam mendesain ruang auditorium adalah mencapai suatu tingkat kejelasan yang tinggi sehingga diharapkan agar setiap pendengar pada semua posisi menerima tingkat tekanan bunyi yang sama. Suara yang dipancarkan oleh pembicara atau pemusik diupayakan dapat menyebar merata dalam auditorium, agar para pendengar dengan posisi yang berbeda-beda dalam auditorium tersebut memiliki penangkapan dan pemahaman yang sama akan informasi yang disampaikan oleh pembicara maupun pemusik. Syarat agar pendengar dapat menangkap informasi yang disampaikan meskipun dalam posisi berbeda adalah selisih antara tingkat tekanan bunyi terjauh dan terdekat tidak lebih dari 6 dB. Jika dalam suatu ruangan yang relatif kecil di mana sumber bunyi dengan tingkat suara yang normal telah mampu menjangkau pendengar terjauh, maka hampir dapat dipastikan bahwa distribusi tingkat tekanan bunyi dalam ruangan tersebut telah merata.

Contoh Soal 4.6:

Apa tujuan dalam mendesain ruang auditorium?

Jawab :

Tujuannya adalah mencapai suatu tingkat kejelasan yang tinggi sehingga diharapkan agar setiap pendengar pada semua posisi menerima tingkat tekanan bunyi yang sama.

C. Respon Impuls Ruang

Menurut Ribeiro (2002), parameter objektif berupa respon impuls ruang yang meliputi waktu dengung (*Reverberation Time*), waktu peluruhan (*Early Decay Time*), D50 (*Definition*), C50 - C80 (*Clarity*) dan TS (*Centre Time*) memiliki standar besaran optimum tertentu yang perlu diperhatikan. Respon impuls ruang untuk mengukur kualitas suara atau akustik auditorium terdiri dari beberapa parameter sebagai berikut.

1. Waktu Dengung

Parameter yang sangat berpengaruh dalam desain akustik auditorium adalah waktu dengung (*Reverberation Time*). Hingga saat ini, waktu dengung tetap dianggap sebagai kriteria paling penting dalam menentukan kualitas akustik suatu auditorium. Dalam geometri akustik disebutkan bahwa bunyi juga mengalami pantulan jika mengenai permukaan yang keras, tegar, dan rata, seperti plesteran, batu bata, beton,

atau kaca. Selain bunyi langsung, akan muncul pula bunyi yang berasal dari pantulan tersebut. Bunyi yang berkepanjangan akibat pemantulan permukaan yang berulang-ulang ini disebut dengung. Waktu dengung adalah waktu yang dibutuhkan suatu energi suara untuk meluruh hingga sebesar sepersatu juta dari energi awalnya, yaitu sebesar 60 dB. Sabine (1993) mendefinisikan waktu dengung yaitu waktu lamanya terjadi dengung di dalam ruangan yang masih dapat didengar. Dalam perkembangannya, waktu dengung tidak hanya didasarkan pada peluruhan 60 dB saja, tetapi juga pada pengaruh suara langsung dan pantulan awal (EDT) atau peluruhan-peluruhan yang terjadi kurang dari 60 dB, seperti 15 dB (RT15), 20 dB (RT20), dan 30 dB (RT30). Waktu dengung sangat menentukan dalam mengukur tingkat kejelasan *speech*. Auditorium yang memiliki waktu dengung terlalu panjang akan menyebabkan penurunan *speech intelligibility*, karena suara langsung masih sangat dipengaruhi oleh suara pantulnya. Sedangkan auditorium dengan waktu dengung terlalu pendek akan mengesankan ruangan tersebut “mati”.

2. EDT

EDT atau *Early Decay Time* yang diperkenalkan oleh V. Jordan yaitu perhitungan waktu dengung (RT) yang didasarkan pada pengaruh bunyi awal yaitu bunyi langsung dan pantulan-pantulan awal yaitu waktu yang diperlukan Tingkat Tekanan Bunyi (TTB) untuk meluruh sebesar 10 dB. Pengukuran EDT disarankan untuk menghitung parameter subjektif seperti *reverberance*, *clarity*, dan *impression*.

3. Definition atau *Deutlichkeit* (a time window of 50 ms) atau D50

Definition merupakan kemampuan pendengar membedakan suara dari masing-masing instrumen dalam sebuah pertunjukan musik dalam kondisi transien, nada dasar dan harmoniknya mulai membentuk sehingga kemungkinan terjadi variasi spektrum. *Definition* juga merupakan kriteria dalam penentuan kejelasan pembicaraan dalam suatu ruangan dengan cara memanfaatkan konsep perbandingan energi yang termanfaatkan dengan energi suara total dalam ruangan. D50 merupakan rasio antara energi yang diterima pada 50 ms pertama dengan total energi yang diterima. Durasi 50 ms disebut juga batas kejelasan *speech* yang dapat diterima. Semakin besar nilai D50 maka semakin baik pula tingkat kejelasan pembicaraan, karena semakin banyak energi suara yang termanfaatkan dalam waktu 50 ms. Intelligibilitas atau kejelasan yang baik didapatkan untuk harga $D50 > 0\%$. Adapun kategori penilaian bagi *speech intelligibility* berdasarkan D50 dapat diukur seperti pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Kategori penilaian *Speech Intelligibility* berdasarkan D50

D50 (%)	SI (%)	Kategori
0 – 20	0 – 60	Sangat buruk
20 – 30	60 – 80	Buruk
30 – 45	80 – 90	Cukup/sedang
45 – 70	90 – 97,5	Bagus
70 – 80	97,5 – 100	Sangat bagus

4. *Clarity* atau *Klarheitsmass* (C50 ; C80)

Clarity diukur dengan membandingkan antara energi suara yang termanfaatkan (yang datang sekitar 0.05 – 0.08 detik pertama setelah suara langsung) dengan suara pantulan yang datang setelahnya, dengan mengacu pada asumsi bahwa suara yang ditangkap pendengar dalam percakapan adalah antara 50-80 ms dan suara yang datang sesudahnya dianggap suara yang merusak. Semakin tinggi nilai C50, maka semakin pendek waktu dengung, demikian pula sebaliknya. Tingkat kejelasan pembicaraan akan bernilai baik jika C50 lebih kecil atau sama dengan -2 dB. C80 merupakan rasio dalam dB antara energi yang diterima pada 80 ms pertama dari signal yang diterima dan energi yang diterima sesudahnya. Batas ini ditujukan untuk kejelasan pada musik. Nilai C80 adalah nilai parameter yang terukur lebih dari 80 ms, semakin tinggi nilai C80 maka suara akan semakin tidak bagus.

5. TS (*Centre Time*)

TS merupakan waktu tengah antara suara datang (*direct*) dan suara pantul (*early to late*), semakin tinggi nilai TS maka kejernihan suara akan semakin buruk. TS merupakan sebuah titik dimana energi diterima sebelum titik ini seimbang dengan energi yang diterima sesudah titik tersebut. TS sebagai pengukur sejauh mana kejelasan sebuah suara diterima oleh pendengar, di mana semakin rendah nilai TS semakin jelas suara yang diterima.

6. Parameter Subjektif

Parameter subjektif (berupa *intimacy*) merupakan impresi dalam kualitas bunyi yang seolah-olah sumber bunyi berada di dekat pendengar, atau disebut pula “*presence*”. *Spaciousness* atau *envelopment* merupakan kriteria bunyi yang seolah-olah meliputi seluruh ruang dengan merata. Sedangkan *fullness of tone* merupakan karakter yang mudah dikenali dalam musik, berkaitan dengan kualitas bunyi yang dihasilkan oleh instrumen musik secara memuaskan, kualitasnya sangat ditentukan oleh waktu

dengung. *Overall impression* merupakan penilaian rata-rata dari semua parameter yang penting.

Contoh Soal 4.7:

Apa yang dimaksud *overall impression* dari parameter subjektif pengukuran serap suara?

Jawab :

Overall impression merupakan penilaian rata-rata dari semua parameter yang penting.

PENUGASAN KELAS

1. Bentuklah kelompok kecil dan diskusikanlah tentang tingkat bising latar belakang!
2. Diskusikanlah dalam kelompok kecil mengenai respon impuls ruang!

RANGKUMAN

1. Bising latar belakang dapat didefinisikan sebagai suara yang berasal bukan dari sumber suara utama atau suara yang tidak diinginkan. Dalam suatu ruangan tertutup seperti auditorium maka bising latar belakang dihasilkan oleh peralatan mekanikal atau elektrik di dalam ruang seperti pendingin udara (*air conditioning*), kipas angin, dan seterusnya. Besaran bising latar belakang ruang dapat diketahui melalui pengukuran Tingkat Tekanan Bunyi (TTB) di dalam ruangan pada rentang frekuensi tengah pita oktaf antara 63 Hz sampai dengan 8 kHz, dimana hasil pengukuran digunakan untuk menentukan kriteria kebisingan ruang dengan cara memetakannya pada kurva kriteria kebisingan (*Noise Criteria – NC*).
2. Salah satu tujuan dalam mendesain ruang auditorium adalah mencapai suatu tingkat kejelasan yang tinggi sehingga diharapkan agar setiap pendengar pada semua posisi menerima tingkat tekanan bunyi yang sama. Suara yang dipancarkan oleh pembicara atau pemusik diupayakan dapat menyebar merata dalam auditorium, agar para pendengar dengan posisi yang berbeda-beda dalam auditorium tersebut memiliki penangkapan dan pemahaman yang sama akan informasi yang disampaikan oleh pembicara maupun pemusik. Jika dalam suatu ruangan yang relatif kecil di mana sumber bunyi dengan tingkat suara yang normal telah mampu menjangkau pendengar terjauh, maka hampir dapat dipastikan bahwa distribusi tingkat tekanan bunyi dalam ruangan tersebut telah merata.

3. Menurut Ribeiro (2002), parameter objektif berupa respon impuls ruang yang meliputi waktu dengung (*Reverberation Time*), waktu peluruhan (*Early Decay Time*), D50 (*Definition*), C50 - C80 (*Clarity*), dan TS (*Centre Time*) memiliki standar besaran optimum tertentu yang perlu diperhatikan.
4. Parameter subjektif (berupa *intimacy*) merupakan impresi dalam kualitas bunyi yang seolah-olah sumber bunyi berada di dekat pendengar, atau disebut pula "*presence*". Parameter subjektif berupa respon impuls ruang terdiri dari: *spaciousness*, *fullness of tone*, dan *overall impression*.

EVALUASI FORMATIF 3

1. Jelaskan definisi bising latar belakang!
2. Mengapa suara yang dipancarkan oleh pembicara diupayakan dapat menyebar merata dalam auditorium?
3. Jelaskan apa yang dimaksud waktu dengung!
4. Bagaimana kategori penilaian bagi *speech intelligibility* berdasarkan D50?
5. Apa yang dimaksud *fullness of tone*?

KUNCI JAWABAN EVALUASI FORMATIF 3

1. Bising latar belakang dapat didefinisikan sebagai suara yang berasal bukan dari sumber suara utama atau suara yang tidak diinginkan. Dalam suatu ruangan tertutup seperti auditorium maka bising latar belakang dihasilkan oleh peralatan mekanikal atau elektrik di dalam ruang seperti pendingin udara (*air conditioning*), kipas angin, dan seterusnya.
2. Karena para pendengar dengan posisi yang berbeda-beda dalam auditorium tersebut memiliki penangkapan dan pemahaman yang sama akan informasi yang disampaikan oleh pembicara.
3. Waktu dengung adalah waktu yang dibutuhkan suatu energi suara untuk meluruh hingga sebesar 1/1.000.000 dari energi awalnya, yaitu sebesar 60 dB. Waktu dengung sangat menentukan dalam mengukur tingkat kejelasan *speech*.
4. Kategori penilaian bagi *speech intelligibility* berdasarkan D50 dilihat pada bagan berikut

D50 (%)	SI (%)	Kategori
0 – 20	0 – 60	Sangat buruk
20 – 30	60 – 80	Buruk

30 – 45	80 – 90	Cukup/sedang
45 – 70	90 – 97,5	Bagus
70 – 80	97,5 – 100	Sangat bagus

5. *Fullness of tone* merupakan karakter yang mudah dikenali dalam musik, berkaitan dengan kualitas bunyi yang dihasilkan oleh instrumen musik secara memuaskan, kualitasnya sangat ditentukan oleh waktu dengung.

Lembar Kerja Praktek 3

Modul 5:

Cuaca

PENDAHULUAN

Cuaca merupakan salah satu hal yang sangat berpengaruh kepada kehidupan makhluk hidup. Perubahan cuaca yang tidak menentu terdapat di beberapa daerah di Indonesia. Namun dengan seiring perkembangan zaman, kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi dapat dilakukan pendekatan guna memprediksi perubahan cuaca yang terjadi. Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) merupakan suatu lembaga resmi dari pemerintah yang bertugas sebagai layanan informasi untuk memonitor keadaan perubahan cuaca di Indonesia. BMKG bekerja sama dengan beberapa stasiun pemantau cuaca di seluruh Indonesia dan meneruskan info tentang perubahan cuaca atau iklim yang terjadi ke masyarakat lewat beberapa media. Namun info yang diberikan hanya prediksi perubahan cuaca dan info secara keseluruhan, bukan terletak pada satu titik daerah tertentu. Salah satu fenomena alam yang kita rasakan sehari-hari mengenai dinamika cuaca, seperti suhu, cahaya, polusi (karbon monoksida/CO) dan curah hujan. Sering kali kita merasakan perubahan kondisi atmosfer dalam periode yang cepat. Sebagai contoh, kondisi udara pagi sampai siang hari udara cerah, tiba-tiba menjelang sore udara berawan dan terjadi hujan dengan intensitas lebat.

Pergerakan planet bumi ini menyebabkan besarnya energi matahari yang diterima oleh bumi tidak merata, sehingga secara alamiah ada usaha pemerataan energi yang berbentuk suatu sistem peredaran udara, selain itu matahari dalam memancarkan energi juga bervariasi atau berfluktuasi dari waktu ke waktu. Perpaduan antara proses-proses tersebut dengan unsur-unsur iklim dan faktor pengendali iklim menghantarkan kita pada kenyataan bahwa kondisi cuaca dan iklim bervariasi dalam hal jumlah, intensitas dan distribusinya. Eksploitasi lingkungan yang menyebabkan terjadinya perubahan lingkungan serta penambahan jumlah penduduk bumi yang berhubungan secara langsung dengan penambahan gas rumah kaca secara global akan meningkatkan variasi tersebut. Keadaan seperti ini mempercepat terjadinya perubahan iklim yang mengakibatkan penyimpangan iklim dari kondisi normal.

Kegiatan Pembelajaran 1: Unsur-unsur cuaca

KEMAMPUAN AKHIR YANG DIHARAPKAN

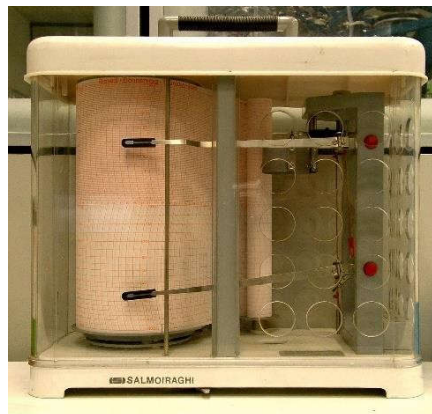
1. Mahasiswa memiliki pengertian dan pemahaman mengenai cuaca
2. Mahasiswa mampu untuk mengetahui unsur-unsur cuaca

URAIAN MATERI

Pengamatan keadaan cuaca biasanya memperhatikan sejumlah persebaran komponen cuaca yaitu temperatur, tekanan udara, kelembaban, awan, curah hujan, dan angin.

Suhu Udara

Suhu udara adalah keadaan panas atau dinginnya udara. Alat untuk mengukur suhu udara atau derajat panas disebut termometer. Pengukuran dinyatakan dalam skala Celcius (C), Reamur (R), dan Fahrenheit (F). Suhu udara tertinggi di muka bumi adalah di daerah tropis (sekitar ekuator) dan makin ke kutub, makin dingin. Alat pengukur temperatur udara dinamakan termometer atau termograf. Alat ini dilengkapi pena dan silinder yang berputar otomatis.



Gambar.5.1 Termograf adalah alat pengukur temperatur udara

Saat Anda mendaki gunung maka suhu udara akan terasa dingin setelah mencapai ketinggian bertambah. Sebagaimana sudah dijelaskan sebelumnya, bahwa tiap kenaikan bertambah 100 meter, suhu udara berkurang (turun) rata-rata $0,6^{\circ}\text{C}$. Penurunan suhu seperti ini disebut gradien temperatur vertikal atau *lapse rate*. Pada udara kering, besar *lapse rate* adalah 1°C

Tabel.5.1 Beberapa Skala Pengukuran Termometer

Skala pengukuran	Titik didih air	Titik beku air	Titik absolut
Fahrenheit	212	32	-460
Celcius	100	0	-273
Kelvin	373	273	0

Faktor-faktor yang mempengaruhi tinggi rendahnya suhu udara suatu daerah adalah:

1. Lama penyinaran matahari.
2. Sudut datang sinar matahari.
3. Relief permukaan bumi.
4. Banyak sedikitnya awan.
5. Perbedaan letak lintang.

Untuk mengetahui temperatur rata-rata suatu tempat digunakan rumus:

$$T_x = T_o - 0,6 \times \frac{h}{100} \quad (5.1)$$

Keterangan:

T_x = temperatur rata rata suatu tempat (x) yang dicari

T_o = temperatur suatu tempat yang sudah diketahui

h = tinggi tempat (x)

Udara akan menjadi panas karena adanya penyinaran matahari. Dari penyinaran matahari permukaan bumi menerima panas pertama. Udara akan menerima panas dari permukaan bumi yang dipancarkan kembali setelah diubah dalam bentuk gelombang panjang. Radiasi yang dipancarkan matahari tidak seluruhnya diterima oleh bumi. Bumi menyerap radiasi sebesar 51%, selebihnya mengalami proses pembauran 7%, pemantulan kembali oleh awan 20% dan oleh bumi 4%, dan diserap oleh awan sekitar 3%, serta molekul udara dan debu atmosfer sebesar 19%.



Gambar.5.2 Intensitas sinar matahari

Pemanasan udara dapat terjadi melalui dua proses pemanasan, yaitu pemanasan langsung dan pemanasan tidak langsung.

1. Pemanasan secara langsung, dapat terjadi melalui beberapa proses berikut:
 - a. proses absorpsi, adalah penyerapan unsur-unsur radiasi matahari, misalnya sinar gama, sinar-X, dan ultra-violet. Unsur-unsur yang menyerap radiasi matahari tersebut adalah oksigen, nitrogen, ozon, hidrogen, dan debu.
 - b. proses refleksi, adalah pemanasan matahari terhadap udara tetapi dipantulkan kembali ke angkasa oleh butir-butir air (H_2O), awan, dan partikel-partikel lain di atmosfer.
 - c. proses difusi, sinar matahari mengalami difusi berupa sinar gelombang pendek biru dan lembayung berhamburan ke segala arah. Proses ini menyebabkan langit berwarna biru.
2. Pemanasan tidak langsung Pemanasan tidak langsung dapat terjadi dengan cara-cara berikut:
 - a. konduksi adalah pemberian panas oleh matahari pada lapisan udara bagian bawah kemudian lapisan udara tersebut memberikan panas pada lapisan udara di atasnya.
 - b. konveksi adalah pemberian panas oleh gerak udara vertikal ke atas.
 - c. adveksi adalah pemberian panas oleh gerak udara yang horizontal (mendatar).
 - d. turbulensi adalah pemberian panas oleh gerak udara yang tidak teratur dan berputar-putar ke atas tetapi ada sebagian panas yang dipantulkan kembali ke atmosfer.

Di Indonesia, keadaan suhu udara relatif bervariasi. Data rata-rata suhu udara di beberapa kota di Indonesia, dapat di lihat pada tabel 5.2

Tabel.5.2 Rata – rata suhu udara di beberapa kota di Indonesia

No.	Nama Kota	Rata-rata Suhu (°C)
1	Pontianak	27
2	Surabaya	27
3	Jakarta	26,3
4	Ujung Pandang	25,8
5	Palembang	25,9
6	Banjarmasin	26,1
7	Bandung	22,0

Rata-rata suhu tahunan, di Indonesia sekitar 26,8 °C. Dalam peta, daerah daerah yang suhu udaranya sama dihubungkan dengan garis isotherm.

Tekanan Udara

Udara mempunyai berat dan tekanan. Lapisan udara mulai dari permukaan bumi hingga ke atas, memberi tekanan tertentu. Tekanan udara adalah berat massa udara di atas suatu wilayah. Tekanan udara menunjukkan tenaga yang bekerja untuk menggerakkan masa udara dalam setiap satuan luas tertentu. Pada setiap bidang yang luasnya 1 cm² dengan tinggi kira-kira 10.000 km di atas permukaan bumi memberi tekanan dengan berat 1033,3 gram atau satu atmosfer. Kalau orang mengambil suatu kolom udara dari 1 m² penampang, maka beratnya sudah mencapai 10.333 kg. Semakin tinggi suatu tempat semakin berkurang tekanannya karena tiang udara semakin berkurang. Tekanan udara diatas permukaan laut akan lebih besar daripada di puncak gunung karena tinggi tiang udara di permukaan laut lebih panjang tiangnya daripada di puncak gunung. Besar atau kecilnya tekanan udara, dapat diukur dengan menggunakan barometer.

Orang pertama yang mengukur tekanan udara adalah Torri Celli (1643). Alat yang digunakannya adalah barometer raksa. Satuan dalam ukuran tekanan udara adalah bar. 1 (satu) bar = 1000 milibar (mb). Jenis barometer ada dua yaitu Barometer air raksa dan Barometer kotak (aneroid).

Barometer air raksa terdiri atas sebuah bejana kaca yang ujung atasnya tertutup hingga hampa udara. Bejana terisi air raksa, ukuran penampangnya 1 cm² dengan panjang 1 m. Ujung bawahnya terbuka dan berdiri dalam sebuah bak yang berisikan air raksa pula. Juluran tinggi air pada tabung di atas udara hampa adalah 760 mm, walaupun dimiringkan tinggi air raksa tetap 760 mm. Suatu kolom air raksa dari 760 mm menyebabkan tekanan yang besarnya 1,013 bar atau 1013 mb.

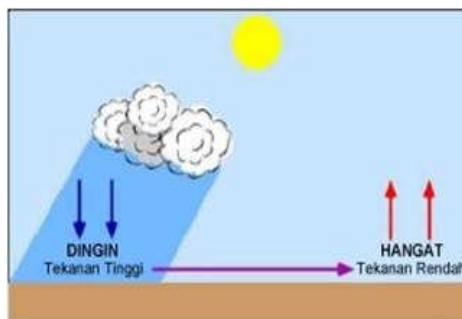
$$1 \text{ mb} = \frac{3}{4} \text{ mm tekanan air raksa (t.a.r) atau } 1.013 \text{ mb} = 76 \text{ cm t.a.r.} = 1 \text{ atmosfer}$$

(5.2)

Garis pada peta yang menghubungkan tempat-tempat yang sama tekanan udaranya disebut isobar. Bidang isobar ialah bidang yang tiap-tiap titiknya mempunyai tekanan udara sama. Jadi perbedaan suhu akan menyebabkan perbedaan tekanan udara. Daerah yang banyak menerima panas matahari, udaranya akan mengembang dan naik. Karena itu, daerah tersebut bertekanan udara rendah. Ditempat lain terdapat tekanan udara tinggi sehingga terjadilah gerakan udara dari daerah bertekanan tinggi ke daerah bertekanan udara rendah. Gerakan udara tersebut dinamakan angin.

Angin

Secara sederhana, angin adalah udara yang bergerak. Angin merupakan fenomena keseharian yang selalu kamu rasakan. Angin merupakan gerakan udara mendatar atau sejajar dengan permukaan bumi yang terjadi karena adanya perbedaan tekanan udara antara satu tempat dengan tempat lainnya. Perbedaan tekanan tersebut disebabkan karena kedua tempat memiliki suhu yang berbeda sebagai akibat radiasi matahari yang berbeda pula. Angin bergerak dari tekanan tinggi ke tekanan rendah. Jika telah mencapai keseimbangan, maka udara tersebut cenderung diam atau tenang.



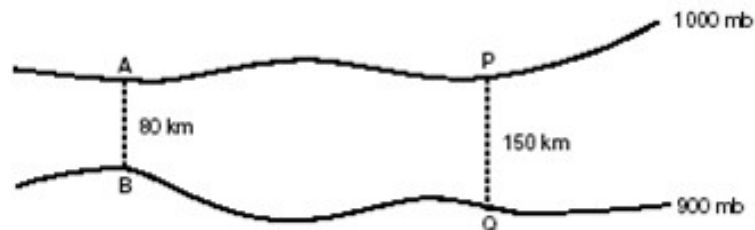
Gambar.5.3 Bentuk angin sebagai hasil dari perbedaan temperatur lokal

Dari mana dan menuju ke manakah angin itu bergerak? Tiupan angin terjadi apabila di suatu daerah ada perbedaan tekanan udara, yaitu tekanan udara maksimum dan tekanan udara minimum. Angin bergerak dari daerah bertekanan udara maksimum ke minimum. Misalnya, pada bulan Desember matahari sedang berada di Belahan Bumi Selatan (BBS), contohnya Benua Australia. Karena pengaruh sinar matahari, udara di Benua Australia akan memuai sehingga tekanannya menjadi rendah (minimum). Adapun di Belahan Bumi Utara (BBU), contohnya Benua Asia, pada bulan Desember sedang mengalami musim dingin sehingga tekanan udaranya tinggi (maksimum). Karena perbedaan tekanan udara tersebut, bergeraklah

massa udara (angin) dari Benua Asia ke Benua Australia. Ada tiga hal penting yang menyangkut sifat angin yaitu: kekuatan angin, arah angin, dan kecepatan angin.

1. Kekuatan Angin

Menurut hukum Stevenson, kekuatan angin berbanding lurus dengan gradient barometriknya. Gradient barometrik ialah angka yang menunjukkan perbedaan tekanan udara dari dua isobar pada tiap jarak 15 meridian (111 km).



Gambar.5.4 Kekuatan angin A dan P terletak pada isobar 1000 mb. B dan Q pada isobar 990 mb. Jarak AB = 80 km, Jarak PQ = 150 km

$$\text{Gradient A - B} = 10 : \frac{80}{111} \times 1 \text{ mb}$$

$$= 10 \times \frac{111}{80} \times 1 \text{ mb}$$

$$= 13,875 \text{ mb}$$

$$\text{Gradient P - Q} = 10 : \frac{150}{111} \times 1 \text{ mb}$$

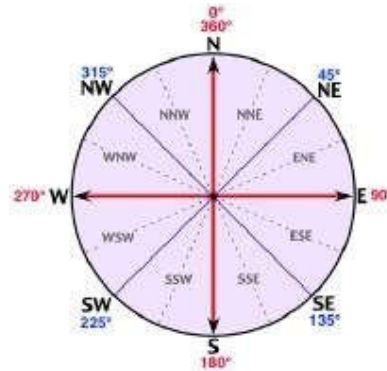
$$= 10 \times \frac{111}{150} \times 1 \text{ mb}$$

$$= 7,4 \text{ mb}$$

Jadi angin yang bertiup dari A ke B lebih kuat daripada angin yang bertiup dari P ke Q.

2. Arah Angin

Satuan yang digunakan untuk besaran arah angin disebut derajat (°). 1 derajat untuk arah angin dari utara. 90 derajat untuk arah angin dari timur. 180 derajat untuk arah angin dari selatan. 270 derajat untuk arah angin dari barat. Angin menunjukkan dari mana datangnya angin dan bukan ke mana angin itu bergerak. Menurut hukum Buys Ballot, udara bergerak dari daerah yang bertekanan tinggi (maksimum) ke daerah bertekanan rendah (minimum), di belahan bumi utara berbelok ke kanan sedangkan di belahan bumi selatan berbelok ke kiri



Gambar.5.5 Kompas yang menunjukkan 16 arah mata angin

Arah angin dipengaruhi oleh tiga faktor yaitu, gradient barometrik, rotasi bumi, dan kekuatan yang menahan (rintangan). Makin besar gradient barometrik, makin besar pula kekuatannya. Angin yang besar kekuatannya makin sulit berbelok arah. Rotasi bumi, dengan bentuk bumi yang bulat, menyebabkan pembelokan arah angin.

Pembelokan angin di ekuator sama dengan 0 (nol). Makin ke arah kutub pembelokannya makin besar. Pembelokan angin yang mencapai 90° sehingga sejajar dengan garis isobar disebut angin geotropik. Hal ini banyak terjadi di daerah beriklim sedang di atas samudra. Kekuatan yang menahan dapat membelokkan arah angin. Sebagai contoh, pada saat melalui gunung, angin akan berbelok ke arah kiri, ke kanan atau ke atas.

1. Kecepatan angin

Atmosfer ikut berotasi dengan bumi. Molekul-molekul udara mempunyai kecepatan gerak ke arah timur, sesuai dengan arah rotasi bumi. Kecepatan gerak tersebut disebut kecepatan linier. Bentuk bumi yang bulat ini menyebabkan kecepatan linier makin kecil jika makin dekat ke arah kutub. Lihat tabel 5.3. Alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan angin disebut anemometer.

Tabel.5.3 Hubungan antara lintang tempat dan kecepatan linier

Lintang tempat	Kecepatan linier
0°(ekuator)	461 meter/detik
30°	402 meter/detik
60°	232 meter/detik
90°(kutub)	0 meter/detik

Alat untuk mengukur arah angin, yaitu sisip angin. Anak panah pada sisip angin akan selalu mengarah ke arah dari mana angin bertiup. Misalnya, angin bertiup dari arah utara. Sedangkan kecepatan angin diukur dengan menggunakan anemometer. Semakin cepat angin bertiup, semakin cepat mangkuk berputar. Sebuah pencatat mencatat kecepatan

angin dalam satuan meter/menit. Dengan menggunakan anemometer, kamu dapat mengetahui kecepatan angin. Untuk memudahkan dalam pemberian informasi, kecepatan angin biasanya menggunakan Skala Beaufort.



Gambar. 5.6 Alat pengukur kecepatan dan arah angin

Di dalam kehidupan sehari-hari, Anda mengenal beberapa jenis angin. Penamaan angin bergantung pada arah mana angin itu bertiup. Misalnya, jika datanganya dari arah gunung disebut angin gunung, dan jika datanganya dari arah timur disebut angin timur. Berikut adalah berbagai sistem angin yang ada di bumi.

a. Angin Passat

Angin passat adalah angin bertiup tetap sepanjang tahun dari daerah subtropik menuju ke daerah ekuator (khatulistiwa). Angin Passat Timur Laut bertiup di belahan bumi Utara. Sedangkan Angin Passat Tenggara bertiup di belahan bumi Selatan. Di sekitar khatulistiwa, kedua angin passat ini bertemu. Karena temperatur di daerah tropis selalu tinggi, maka massa udara tersebut dipaksa naik secara vertikal (konveksi). Daerah pertemuan kedua angin passat tersebut dinamakan Daerah Konvergensi Antar Tropik (DKAT). DKAT ditandai dengan temperatur yang selalu tinggi. Akibat kenaikan massa udara ini, wilayah DKAT terbebas dari adanya angin topan. Akibatnya daerah ini dinamakan daerah doldrum (wilayah tenang).

b. Angin Anti Passat

Udara di atas daerah ekuator yang mengalir ke daerah kutub dan turun di daerah maksimum subtropik merupakan angin Anti Passat. Di belahan bumi Utara disebut Angin Anti Passat Barat Daya dan di belahan bumi Selatan disebut Angin Anti Passat Barat Laut. Pada daerah sekitar lintang $20^{\circ} - 30^{\circ}$ LU dan LS, angin anti passat kembali turun secara vertikal sebagai angin yang kering. Angin kering ini menyerap uap air di udara dan permukaan daratan. Akibatnya, terbentuk gurun di muka bumi, misalnya gurun di Saudi Arabia, Gurun Sahara (Afrika), dan gurun di Australia. Di daerah Subtropik ($30^{\circ} - 40^{\circ}$ LU/LS) terdapat daerah “teduh subtropik” yang udaranya tenang, turun dari atas, dan tidak ada angin. Sedangkan di

daerah ekuator antara 10° LU – 10° LS terdapat juga daerah tenang yang disebut daerah Teduh Ekuator atau daerah Doldrum.

c. Angin Barat

Sebagian udara yang berasal dari daerah maksimum subtropis Utara dan Selatan mengalir ke daerah sedang Utara dan daerah sedang Selatan sebagai angin Barat. Pengaruh angin Barat di belahan bumi Utara tidak begitu terasa karena hambatan dari benua. Di belahan bumi Selatan pengaruh angin Barat ini sangat besar, terutama pada daerah lintang 60° LS. Di sini bertiup angin Barat yang sangat kencang yang oleh pelaut-pelaut disebut *roaring forties*.

d. Angin Timur

Di daerah Kutub Utara dan Kutub Selatan bumi terdapat daerah dengan tekanan udara maksimum. Dari daerah ini mengalirlah angin ke daerah minimum subpolar (60° LU/LS). Angin ini disebut angin Timur, bersifat dingin karena berasal dari daerah kutub.

e. Angin Muson

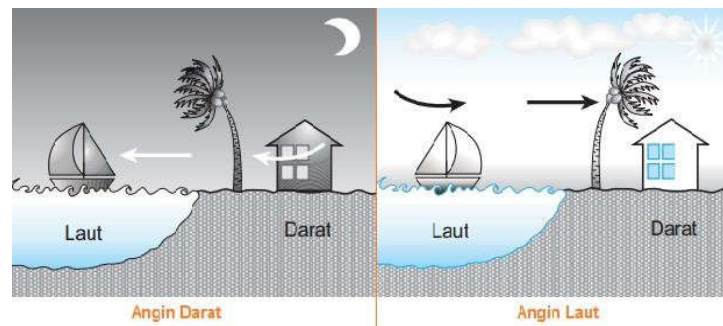
Angin muson ialah angin yang berganti arah secara berlawanan setiap setengah tahun. Umumnya pada setengah tahun pertama bertiup angin darat yang kering dan setengah tahun berikutnya bertiup angin laut yang basah. Pada bulan Oktober – April, matahari berada di belahan langit selatan, sehingga benua Australia lebih banyak memperoleh pemanasan matahari dari benua Asia. Akibatnya di Australia terdapat pusat tekanan udara rendah (depresi) sedangkan di Asia terdapat pusat tekanan udara tinggi (kompresi). Keadaan ini menyebabkan arus angin dari benua Asia ke benua Australia. Di Indonesia angin ini merupakan Angin Musim Timur Laut di belahan bumi utara dan Angin Musim Barat di belahan bumi Selatan. Karena melewati Samudra Pasifik dan Samudra Hindia maka banyak membawa uap air, sehingga pada umumnya di Indonesia terjadi musim penghujan. Musim penghujan meliputi hampir seluruh wilayah Indonesia, hanya saja persebarannya tidak merata. Makin ke Timur curah hujan makin berkurang karena kandungan uap airnya makin sedikit.

f. Angin Lokal

Di samping angin musim, di Indonesia juga terdapat angin lokal (setempat) yaitu sebagai berikut:

a. Angin darat dan angin laut

Angin ini terjadi di daerah pantai. Pada siang hari daratan lebih cepat menerima panas dibandingkan dengan lautan. Angin bertiup dari laut ke darat, disebut angin laut. Sebaliknya, pada malam hari daratan lebih cepat melepaskan panas dibandingkan dengan lautan. Daratan bertekanan maksimum dan lautan bertekanan minimum. Angin bertiup dari darat ke laut, disebut angin darat. Lihat gambar.5.7.



Gambar.5.7 Angin darat dan angin laut

b. Angin lembah dan angin gunung

Pada siang hari udara yang seolah-olah terkurung pada dasar lembah lebih cepat panas dibandingkan dengan udara di puncak gunung yang lebih terbuka (bebas), maka udara mengalir dari lembah ke puncak gunung menjadi angin lembah. Sebaliknya pada malam hari udara mengalir dari gunung ke lembah menjadi angin gunung.

c. Angin jatuh yang sifatnya kering dan panas

Angin jatuh atau Fohn ialah angin jatuh bersifatnya kering dan panas terdapat di lereng pegunungan Alpine. Sejenis angin ini banyak terdapat di Indonesia dengan nama angin Bahorok (Deli), angin Kumbang (Cirebon), angin Gending di Pasuruan (Jawa Timur), dan Angin Brubu di Sulawesi Selatan).

Kelembaban Udara

Di udara terdapat uap air yang berasal dari penguapan samudra (sumber yang utama). Sumber lainnya berasal dari danau-danau, sungai-sungai, tumbuh-tumbuhan, dan sebagainya. Makin tinggi suhu udara, makin banyak uap air yang dapat dikandungnya. Hal ini berarti makin lembablah udara tersebut. Alat untuk mengukur kelembaban udara dinamakan hygrometer. Ada dua macam kelembaban udara:

1. Kelembaban udara absolut, ialah banyaknya uap air yang terdapat di udara pada suatu tempat. Dinyatakan dengan banyaknya gram uap air dalam 1 m³ udara.

2. Kelembaban udara relatif, ialah perbandingan jumlah uap air dalam udara (kelembaban absolut) dengan jumlah uap air maksimum yang dapat dikandung oleh udara tersebut dalam suhu yang sama dan dinyatakan dalam persen (%).

Curah Hujan

Curah hujan yaitu jumlah air hujan yang turun pada suatu daerah dalam waktu tertentu. Alat untuk mengukur banyaknya curah hujan disebut Rain gauge. Curah hujan diukur dalam harian, bulanan, dan tahunan. Curah hujan yang jatuh di wilayah Indonesia dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain:

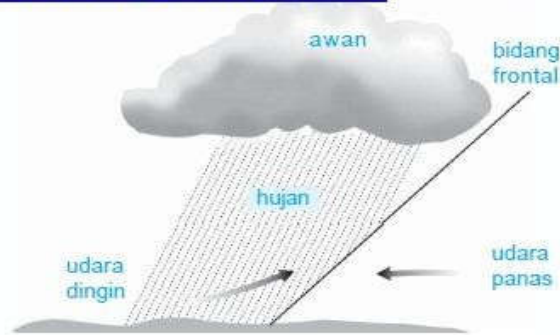
1. bentuk medan/topografi
2. arah lereng medan
3. arah angin yang sejajar dengan garis pantai
4. jarak perjalanan angin di atas medan datar

Hujan ialah peristiwa sampainya air dalam bentuk cair maupun padat yang dicurahkan dari atmosfer ke permukaan bumi. Garis pada peta yang menghubungkan tempat-tempat yang mempunyai curah hujan yang sama disebut Isohyet. Berdasarkan ukuran butirannya, hujan dibedakan menjadi:

1. hujan gerimis/drizzle, diameter butir-butirannya kurang dari 0,5 mm
2. hujan salju/snow, terdiri dari kristal-kristal es yang temperatur udaranya berada di bawah titik beku
3. hujan batu es, merupakan curahan batu es yang turun di dalam cuaca panas dari awan yang temperaturnya di bawah titik beku dan
4. hujan deras/rain, yaitu curahan air yang turun dari awan yang temperaturnya di atas titik beku dan diameter butirannya kurang lebih 7 mm.

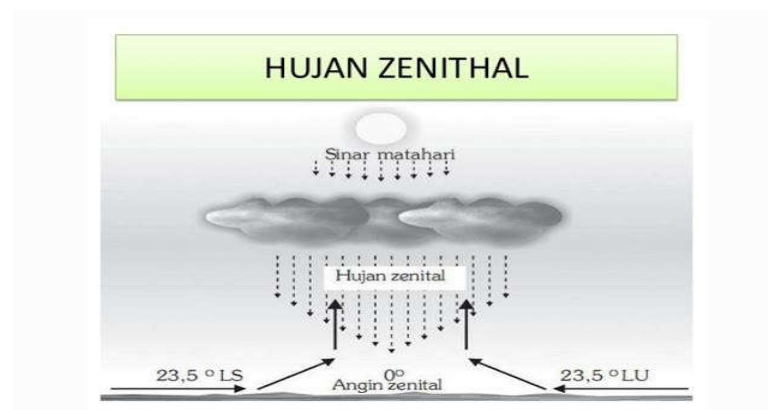
Sedangkan berdasarkan proses terjadinya, hujan dibedakan atas:

1. Hujan Frontal, adalah hujan yang terjadi di daerah front, yang disebabkan oleh pertemuan dua massa udara yang berbeda temperaturnya. Massa udara panas/lembab bertemu dengan massa udara dingin/pada sehingga berkondensasi dan terjadilah hujan. Lihat gambar 5.8.

Hujan konvergen / hujan frontal

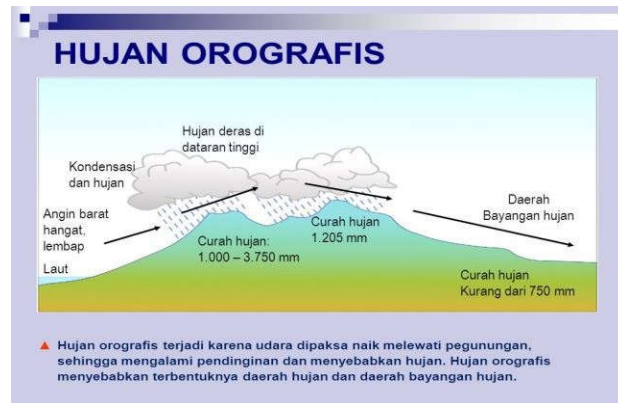
Gambar.5.8 Hujan Frontal

2. Hujan Zenithal/ Ekuatorial/ Konveksi/ Naik Tropis, jenis hujan ini terjadi karena udara naik disebabkan adanya pemanasan tinggi. Terdapat di daerah tropis antara $23,5^{\circ}$ LU - $23,5^{\circ}$ LS. Oleh karena itu disebut juga hujan naik tropis. Arus konveksi menyebabkan uap air di ekuator naik secara vertikal sebagai akibat pemanasan air laut terus menerus. Terjadilah kondensasi dan turun hujan. Itulah sebabnya jenis hujan ini dinamakan juga hujan ekuatorial atau hujan konveksi. Disebut juga hujan zenithal karena pada umumnya hujan terjadi pada waktu matahari melalui zenit daerah itu. Semua tempat di daerah tropis itu mendapat dua kali hujan zenithal dalam satu tahun.



Gambar.5.9 Hujan Zenithal atau Hujan

3. Hujan Orografis/Hujan Naik Pegunungan, terjadi karena udara yang mengandung uap air dipaksa oleh angin mendaki lereng pegunungan yang makin ke atas makin dingin sehingga terjadi kondensasi, terbentuklah awan dan jatuh sebagai hujan. Hujan yang jatuh pada lereng yang dilaluinya disebut hujan orografis, sedangkan di lereng sebelahnya bertiup angin jatuh yang kering dan disebut daerah bayangan hujan.



Gambar.5.10 Hujan Orografis

Awan

Awan ialah kumpulan titik-titik air/kristal es di dalam udara yang terjadi karena adanya kondensasi/sublimasi dari uap air yang terdapat dalam udara. Awan yang menempel di permukaan bumi disebut kabut. Awan dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Menurut morfologinya (bentuknya). Berdasarkan morfologinya, awan dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu:
 - a. Awan Commulus yaitu awan yang bentuknya bergumpal-gumpal (bundar-bundar) dan dasarnya horizontal.
 - b. Awan Stratus yaitu awan yang tipis dan tersebar luas sehingga dapat menutupi langit secara merata. Dalam arti khusus awan stratus adalah awan yang rendah dan luas.
 - c. Awan Cirrus yaitu awan yang berdiri sendiri yang halus dan berserat, berbentuk seperti bulu burung. Sering terdapat kristal es tapi tidak dapat menimbulkan hujan.
2. Berdasarkan ketinggiannya, awan dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu:
 - a. Awan tinggi (lebih dari 6000 m – 9000 m), karena tingginya selalu terdiri dari kristal-kristal es:
 - Cirrus (Ci) : awan tipis seperti bulu burung.
 - Cirro stratus (Ci-St) : awan putih merata seperti tabir.
 - Cirro Cumulus (Ci-Cu) : seperti sisik ikan.
 - b. Awan sedang (2000 m – 6000 m):
 - Alto Comulus (A-Cu) : awan bergumpal gumpal tebal.
 - Alto Stratus (A-St) : awan berlapis-lapis tebal.
 - c. Awan rendah (di bawah 200 m):
 - Strato Comulus (St-Cu) : awan yang tebal luas dan bergumpal-gumpal.
 - Stratus (St) : awan merata rendah dan berlapis-lapis.

- Nimbo Stratus (No-St) : lapisan awan yang luas, sebagian telah merupakan hujan.
- d. Awan yang terjadi karena udara naik, terdapat pada ketinggian 500 m –1500 m
 - Cumulus (Cu) : awan bergumpal-gumpal, dasarnya rata.

Comulo Nimbus (Cu-Ni): awan yang bergumpal gumpal luas dan sebagian telah merupakan hujan, sering terjadi angin ribut.

Contoh Soal.5.1:

Jelaskan apa yang dimaksud dengan cuaca?

Jawab :

Suatu keadaan rata-rata udara sehari-hari disuatu tempat tertentu dan meliputi wilayah yang sempit dalam jangka waktu yang singkat. Keadaan dari cuaca mudah berubah-ubah, karena disebabkan oleh tekanan udara, suhu, angin, kelembapan udara, dan juga curah

Contoh Soal 5.2:

Jelaskan apa yang dimaksud hujan frontal?

Jawab :

Hujan frontal adalah hujan yang terjadi di daerah front, yang disebabkan oleh pertemuan dua massa udara yang berbeda temperaturnya. Massa udara panas/lembab bertemu dengan massa udara dingin/padat sehingga berkondensasi dan terjadilah hujan

PENUGASAN KELAS

1. Bentuklah kelompok kecil dan diskusikanlah tentang cuaca
2. Diskusikanlah dalam kelompok kecil mengenai suhu udara yang ada di Indonesia

RANGKUMAN

1. Cuaca adalah keadaan udara pada saat tertentu dan di wilayah tertentu yang relatif sempit dan pada jangka waktu yang singkat.
2. Alat untuk mengukur suhu udara atau derajat panas disebut thermometer

3. Garis pada peta yang menghubungkan tempat-tempat yang sama tekanan udaranya disebut isobar.
4. Menurut hukum Buys Ballot, udara bergerak dari daerah yang bertekanan tinggi (maksimum) ke daerah bertekanan rendah (minimum), di belahan bumi utara berbelok ke kanan sedangkan di belahan bumi selatan berbelok ke kiri.
5. Angin merupakan gerakan udara mendatar atau sejajar dengan permukaan bumi yang terjadi karena adanya perbedaan tekanan udara antara satu tempat dengan tempat lainnya

EVALUASI FORMATIF 1

6. Pengukuran dinyatakan dalam skala Celcius (C), Reamur (R), dan Fahrenheit (F)
1. Sebutkan faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi tinggi rendahnya suhu udara suatu daerah?
2. Sebutkan dan jelaskan proses pemanasan secara langsung?
3. Jelaskan apa yang dimaksud dengan angin muson?
4. Ada berapa macam kelembaban udara, dan jelaskan?
5. Sebutkan ada beberapa sistem angin yang ada di bumi?
6. Disamping angin muson, di Indonesia juga terdapat angin lokal (setempat). Tuliskan angin lokal yang ada di Indonesia?
7. Sebutkan 3 faktor yang mempengaruhi arah angin

KUNCI JAWABAN

1. Faktor-faktor yang mempengaruhi tinggi rendahnya suhu udara suatu daerah adalah:
 - 1) Lama penyinaran matahari.
 - 2) Sudut datang sinar matahari.
 - 3) Relief permukaan bumi.
 - 4) Banyak sedikitnya awan.
 - 5) Perbedaan letak lintang.
2. Pemanasan secara langsung, dapat terjadi melalui beberapa proses berikut:
 - a. proses absorpsi, adalah penyerapan unsur-unsur radiasi matahari, misalnya sinar gama, sinar-X, dan ultra-violet. Unsur unsur yang menyerap radiasi matahari tersebut adalah oksigen, nitrogen, ozon, hidrogen, dan debu.

- b. proses refleksi, adalah pemanasan matahari terhadap udara tetapi dipantulkan kembali ke angkasa oleh butir-butir air (H_2O), awan, dan partikel-partikel lain di atmosfer.
 - c. proses difusi, sinar matahari mengalami difusi berupa sinar gelombang pendek biru dan lembayung berhamburan ke segala arah. Proses ini menyebabkan langit berwarna biru.
3. Angin muson ialah angin yang berganti arah secara berlawanan setiap setengah tahun. Umumnya pada setengah tahun pertama bertiup angin darat yang kering dan setengah tahun berikutnya bertiup angin laut yang basah.
4. Ada 2 macam kelembaban udara :
- a. Kelembaban udara absolut, ialah banyaknya uap air yang terdapat di udara pada suatu tempat. Dinyatakan dengan banyaknya gram uap air dalam 1 m^3 udara.
 - b. Kelembaban udara relatif, ialah perbandingan jumlah uap air dalam udara (kelembaban absolut) dengan jumlah uap air maksimum yang dapat dikandung oleh udara tersebut dalam suhu yang sama dan dinyatakan dalam persen (%).
5. Sistem angin yang ada di bumi :
- a. Angin passat
 - b. Angin anti passat
 - c. Angin barat
 - d. Angin timur
 - e. Angin mison
 - f. Angin lokal
6. Angin lokal yang ada di Indonesia
- 1. Angin darat dan angin laut.
 - 2. Angin lembah dan angin gunung.
 - 3. Angin jatuh dan sifatnya kering dan panas.
7. 3 faktor yang mempengaruhi arah angin yaitu, gradient barometrik, rotasi bumi dan kekuatan yang menahan rintangan.

Lembar Kerja Praktek 1

Kegiatan Pembelajaran 2: Pengukuran Unsur-Unsur Cuaca

KEMAMPUAN AKHIR YANG DIHARAPKAN

1. Mahasiswa mampu menjelaskan dan memahami tentang pengukuran unsur-unsur cuaca
2. Mahasiswa mampu menjelaskan tentang kegunaan alat ukur unsur-unsur cuaca

URAIAN MATERI

1. Alat Pengukur Suhu Udara

Termometer Tanah berfungsi untuk mengukur suhu tanah dengan kedalaman yg berbeda, yaitu: 0 cm (permukaan tanah), 2 cm, 5 cm, 10 cm, 20 cm, 50 cm, 100 cm. Termometer ini menggunakan cairan air raksa dan diletakkan ditanah yang permukaan tanahnya berumput pendek, dan tanah gundul. Termometer maksimum adalah termometer air raksa yang diletakkan mendatar agak miring keatas karena adanya tegangan permukaan. Digunakan untuk mengukur suhu udara maksimum. Termometer Minimum adalah termometer yang berisi alkohol dan diletakkan mendatar agar tidak adanya gaya gravitasi. Digunakan untuk mengukur Suhu udara minimum. Termometer Tanah merupakan termometer yang diletakkan di dalam tanah dengan kedalaman yang berbeda. Digunakan untuk mengukur suhu tanah dan dipakai di bidang Klimatologi.



Gambar.5.11 Termometer Tanah

2. Alat Pengukur Tekanan Udara

Barometer Air Raksa fungsi alat barometer ini untuk mengukur tekanan udara, alat ini dipasang dalam ruangan yan mempunyai suhu yang sama (homogen) dan harus terhindar dari sinar matahari langsung, umumnya letak bejana barometer ± 1 meter diatas

permukaan lantai ruangan, dan ditempatkan/digantung pada dinding tembok ruangan. Alat barometer ini terdiri dari sebuah tabung kaca yang ujung atasnya tertutup dan sebagian berisi air raksa, tabung kaca dipasang dalam sebuah tabung lain dari tembaga dengan mempergunakan sejenis kayu berpori atau gabus. Ujung bawah terbuka dimasukkan kedalam bejana yang juga berisi air raksa. Ruangan diatas kolom air raksa dalam tabung dapat dikatakan hampa, perbedaan tinggi antara permukaan atas dan bawah dari zat cair itu adalah tekanan. Jika tekanan udara bertambah, sebagian dari air raksa dalam bejana akan masuk kedalam, permukaan air raksa dalam tabung naik dan didalam bejana turun, maka perbedaan tinggi kedua permukaan menjadi lebih besar.



Gambar.5.12 Barometer air raksa

3. Alat Pengukur Kecepatan Angin

Anemometer adalah alat pengukur kecepatan angin. Alat ini dapat dilihat pada stasiun pengamatan cuaca atau di bandara udara. Anemometer ditempatkan pada lapangan terbuka pada tiang yang agak tinggi. Pada alat ini terdapat beberapa mangkok untuk menerima tiupan angin. Ketika angin bertiup, angin meniup mangkok tersebut sehingga mangkok berputar. Putaran mangkok dihubungkan dengan alat pencatat kecepatan angin. Kecepatan mangkok berputar tergantung pada kecepatan angin bertiup. Makin cepat angin bertiup, makin cepat pula mangkok berputar, dan sebaliknya. Kecepatan angin bertiup dapat dilihat pada alat pencatat yang ditempatkan di dalam ruangan pengamatan cuaca. Anemometer modern telah dilengkapi dengan penunjuk arah angin yang dihubungkan dengan computer. Alat perekam arah angin dan kecepatan angin secara otomatis mencatat dalam satuan meter/detik, km/jam atau mil/jam. Anemometer dibagi menjadi 2 bagian, yaitu : Wind Vanes digunakan untuk menentukan arah angin. Wind Cup (Cup Anemometer) digunakan untuk menentukan kecepatan angin. Sedangkan untuk

Wind Shock berupa bendera panjang bulat dan lonjong, sering ditemui di landasan – landasan pesawat terbang (Bandara).



Gambar.5.13 Anemometer

4. Alat Pengukur Jarak Pandangan (Visibility)

Sering dilakukan secara visual / mata manusia sebagai alatnya yang berpatokan pada suatu benda dengan jarak sudah ditentukan dahulu. Sedangkan di Bandara – bandara sudah menggunakan alat semi otomatis dan otomatis yang biasa disebut “*Runway Visual Range (RVR)*”.



Gambar .5.14 *Runway Visual Range*

5. Alat Pengukur Kelembaban Udara

Alat yang digunakan adalah Psychrometer dan Higrometer rambut atau higrograf rambut. Higrograf biasanya disatukan dengan termograf sehingga sering disebut Termohigrograf. Sensornya dibuat dari rambut dan pias pencatatnya harian atau mingguan. Alat ini dapat mencatat kelembapan nisbi sampai 100 %. Jenis – jenis Psychrometer yang sering digunakan adalah sebagai berikut :

- a. Psychrometer Assman
- b. Psychrometer Sling / Putar

c. Psychrometer Sangkar atau Termohigrograf



Gambar.5.15 Psychrometer

6. Pengukur Awan

Sering dilakukan secara visual / mata manusia sebagai alatnya, dengan menggunakan standar satuan oktas (banyaknya awan yang menutupi langit) dan memakai bilangan 1 – 8, sedangkan untuk bilangan 9 digunakan jika kondisi awan sama sekali tidak dapat terpantau.

7. Alat Pengukur Curah Hujan

Alat yang sering digunakan adalah Penakar Hujan dan air hujannya diukur dengan gelas ukur yang standar Meteorologi (BMG dan WMO). Jenis – jenis penakar hujan antara lain: Penakar hujan biasa (Observasi) yang mempunyai luas corong 100 cm² dan dipasang 120 cm dari tanah. Penakar hujan otomatis dipasang 140 cm dari tanah ada 2 jenis, yaitu :

- a. Penakar hujan sifon (tipe Hellman) yang mempunyai luas corong 200 cm²
- b. Penakar hujan timbangan (Tipping Bucket) yang mempunyai luas corong 400 cm²



Gambar.5.16 Penakar Hujan

8. Alat Pengukur Lama / Durasi Penyinaran Matahari

Jenis alat yang sering dipakai dalam pengukuran durasi / lamanya penyinaran matahari adalah jenis Campbell-Stokes dan Jordan. Alat ini menggunakan pias yang terbuat dari kertas khusus dengan tujuan akan mudah terbakar. Jika matahari tertutup awan maka pias tidak akan terbakar.

Durasi penyinaran matahari selama 12 jam (dari matahari terbit sampai matahari terbenam), sementara di Indonesia durasi penyinaran matahari sering diukur selama 8 jam saja, yaitu dari jam 08.00 sampai jam 16.00.



Gambar .5.17 Cambell-Stokes

Prinsip kerja alat ukur lama penyinaran matahari ini cukup sederhana, saat sinar matahari mengenai bola gelas tersebut, sinar matahari akan difokuskan hingga mampu membakar pias yang ada dibawahnya. Panjang jejak yang terbakar pada pias mengindikasikan lamanya penyinaran matahari yang sampai kepermukaan bumi.

Contoh Soal 5.3:

Sebutkan 2 bagian dari alat ukur Anemometer?

Jawaban :

Wind vanes digunakan untuk menentukan arah angin. *Win cup (cup anemometer)* digunakan untuk menentukan kecepatan angin.

Contoh Soal 5.4:

Apa kegunaan dari Barometer?

Jawaban :

Barometer adalah alat ukur cuaca untuk tekanan udara. Dan satuan yang dipakai adalah milibar

PENUGASAN KELAS

1. Bentuklah kelompok kecil dan diskusikanlah tentang cara kegunaan alat ukur cuaca
2. Diskusikanlah dalam kelompok kecil tentang prinsip kerja alat ukur unsur cuaca

RANGKUMAN

1. Tekanan udara adalah tenaga yang bekerja untuk menggerakkan massa udara dalam setiap luasan tertentu.
2. Jenis alat yang sering dipakai dalam pengukuran durasi / lamanya penyinaran matahari adalah jenis *Campbell-Stokes* dan *Jordan*.
3. Ruangan diatas kolom air raksa dalam tabung dapat dikatakan hampa, perbedaan tinggi antara permukaan atas dan bawah dari zat cair itu adalah tekanan.
4. *Wind Vanes* digunakan untuk menentukan arah angin. *Wind Cup (Cup Anemometer)* digunakan untuk menentukan kecepatan angin.

5. Termometer Tanah merupakan termometer yang diletakkan di dalam tanah dengan

EVALUASI FORMATIF 2

kedalaman yang berbeda.

1. Apa fungsi dari termometer tanah?
2. Apa kegunaan dari barometer air raksa?
3. Sebutkan dari jenis-jenis Psychrometer?
4. Sebutkan jenis-jenis alat dari penakar hujan?

KUNCI JAWABAN

5. Bagaimana prinsip kerja alat ukur Cambell-Stokes??
 1. Termometer Tanah berfungsi untuk mengukur suhu tanah dengan kedalaman yg berbeda, yaitu : 0 cm (permukaan tanah), 2 cm, 5 cm, 10 cm, 20 cm, 50 cm, 100 cm.
 2. Barometer Air Raksa fungsi alat barometer ini untuk mengukur tekanan udara, alat ini dipasang dalam ruangan yan mempunyai suhu yang sama (homogen) dan harus terhindar dari sinar matahari langsung, umumnya letak bejana barometer ± 1 meter diatas permukaan lantai ruangan, dan ditempatkan/digantung pada dinding tembok ruangan.
 3. Psychrometer Assman, Psychrometer Sling/putar, Psychrometer Sangkar atau Termohigrograf.
 4. Jenis-jenis penakar hujan antara lain yaitu:
 - a. Penakar hujan biasa (Observasi) yang mempunyai luas corong 100 cm^2 dan dipasang 120 cm dari tanah.
 - b. Penakar hujan biasa (Observasi) yang mempunyai luas corong 100 cm^2 dan dipasang 120 cm dari tanah.
 - c. Penakar hujan otomatis dipasang 140 cm dari tanah ada 2 jenis, yaitu: Penakar hujan sifon (tipe Hellman) yang mempunyai luas corong 200 cm^2
 - d. Penakar hujan timbangan (Tipping Bucket) yang mempunyai luas corong 400 cm^2
 5. Prinsip kerja alat ukur lama penyinaran matahari ini cukup sederhana, saat sinar matahari mengenai bola gelas tersebut, sinar matahari akan difokuskan hingga mampu membakar pias yang ada dibawahnya. Panjang jejak yang terbakar pada pias mengindikasikan lamanya penyinaran matahari yang sampai kepermukaan bumi.

Lembar Kerja Praktek 2

Kegiatan Pembelajaran 3: Pengaruh Perubahan Cuaca Bagi Kehidupan Manusia

KEMAMPUAN YANG DIHARAPKAN

1. Mahasiswa mampu menjelaskan tentang pengaruh perubahan cuaca di berbagai bidang
2. Mahasiswa mampu dan dapat menjelaskan pentingnya cuaca dalam kehidupan manusia

URAIAN MATERI

Pengaruh Cuaca Bagi Kehidupan Manusia

Pengaruh cuaca dan iklim di berbagai bidang kehidupan perlu diketahui bahwa cuaca dan iklim merupakan salah satu faktor yang sangat penting bagi kehidupan manusia. Karena iklim mempunyai peranan yang besar terhadap kehidupan seperti dalam bidang pertanian, transportasi atau perhubungan, telekomunikasi, dan pariwisata, bidang industry, bidang sosial dan budaya.

1. Bidang Pertanian

Manfaat cuaca dalam bidang pertanian diantaranya adalah membantu proses waktu penanaman. Selain itu cuaca juga memiliki dampak bagi pertanian yaitu:

- a. Dampak secara langsung yaitu dampak yang ditimbulkan oleh sesuatu unsur cuaca kepada kegiatan pertanian. Dampak langsung tersebut ada yang dirasakan seketika, dan ada yang dirasakan secara lambat. Misalnya curah hujan yang lebat atau terus menerus dapat menimbulkan tanah longsor saat itu, angin kencang menimbulkan kerusakan batang tanaman, dan adanya embun beku yang mengenai tanaman membuat daun dan batang tanaman menjadi kering. Dampak langsung yang dirasakan secara lambat adalah kadar cuaca yang baru dirasakan setelah berkali-kali terjadi, misalnya tanah menjadi lembap setelah beberapa hari turun hujan, tanah menjadi kering setelah beberapa hari hujan makin berkurang.
- b. Dampak tidak langsung adalah dampak yang ditimbulkan oleh faktor lain tetapi faktor tersebut timbul berkaitan dengan cuaca yang terjadi, sedangkan kadar cuaca yang terjadi tersebut diperlukan bagi kegiatan pertanian pada waktu itu. Cuaca tidak hanya diperlukan tanaman saja tetapi hama, penyakit, tumbuhan parasit juga memerlukan cuaca. Sering terjadi bahwa kerusakan tanaman tidak karena cuaca saat itu secara

langsung, tetapi karena timbulnya hama, penyakit, parasit yang justru hidup subur pada saat adanya cuaca yang dipelukan bagi tanaman dan kegiatan pertanian waktu itu. Dengan demikian gangguan tidak timbul dari cuaca, tetapi karena hama, penyakit, dan parasit yang hidup subur karena didukung cuaca waktu itu.

2. Bidang Transportasi

Faktor-faktor cuaca mempunyai peranan yang besar terhadap bidang transportasi. Seperti cuaca, suhu, arah dan kecepatan angin, awan, dan kabut sangat mempengaruhi kelancaran jalur penerbangan. Selain berpengaruh terhadap penerbangan, faktor cuaca berpengaruh pula terhadap transportasi laut. Seperti arah dan kecepatan angin, tinggi gelombang, badai dan lain-lain.

3. Bidang Telekomunikasi

Faktor cuaca berpengaruh pula terhadap bidang telekomunikasi. Seperti arus angin dapat dimanfaatkan untuk berkomunikasi antar daerah dengan menggunakan telepon angin. Pengaruh lain yaitu kondisi cuaca yang kurang baik dapat mengganggu jaringan telekomunikasi. Misalnya saat kondisi hujan atau mendung sinyal Handphone menjadi melemah.

4. Bidang Pariwisata

Faktor cuaca berpengaruh pula terhadap bidang pariwisata. Seperti cuaca cerah, banyak cahaya matahari, kecepatan angin, udara sejuk, kering, panas, dan sebagainya sangat mempengaruhi terhadap pelaksanaan wisata, baik wisata darat maupun laut.

5. Bidang Sosial dan Budaya

Bagi petani, tidak ekonomisnya pertanian akan menyebabkan alih fungsi lahan dan pergantian corak produksi. Bagi nelayan, tidak melaut berarti tidak makan, seiring dengan meningkatnya intensitas badai. Budaya yang lahir akibat interaksi manusia dengan alam akan bergeser ke arah kebudayaan yang baru. Sebagian masyarakat berpindah ke daerah-daerah yang lebih produktif. Oleh karena itu, daerah-daerah tertentu menjadi padat dan sesak.

6. Bidang Industri

Banyak industri tradisional yang masih bergantung pada kondisi cuaca. Khususnya, industri yang membutuhkan panas matahari, antara lain industri genteng, batu bata, dan kerupuk. Cuaca juga memengaruhi aktivitas penduduk sehari-hari.

Berikut ini merupakan beberapa pengaruh dari cuaca terhadap kegiatan manusia tersebut:

1. Mempengaruhi tempat tinggal manusia

Keadaan cuaca sangat berpengaruh terhadap pemilihan tempat tinggal manusia. Hal ini sangat berkaitan dengan kenyamanan dalam melakukan aktivitas. Manusia akan lebih memilih tinggal di tempat dengan cuaca atau iklim yang nyaman, tidak terlalu panas dan tidak terlalu dingin. Jika terlalu panas maka manusia tidak akan nyaman. Demikian pula jika terlalu dingin maka manusia juga tidak akan nyaman karena bisa jadi tidak akan kuat terhadap dinginnya cuaca.

2. Mempengaruhi kegiatan bercocok tanam baik pertanian maupun perkebunan Iklim

dan cuaca juga sangat berpengaruh terhadap kegiatan bercocok tanam baik berupa pertanian dan juga perkebunan. Banyak orang yang mengambil profesi sebagai pengelola perkebunan maupun sebagai petani. Kesuksesan mereka dalam bercocok tanam akan sangat bergantung kepada iklim dan juga cuaca. Iklim yang dingin akan menciptakan keterbatasan terhadap tanaman yang bisa tumbuh, misalnya saja hanyalah tembakau, the dan pohon- pohon berdaun jarum. Demikian pula dengan iklim yang panas mungkin hanya beberapa tanaman yang bisa tumbuh. Nah, hal ini menjadi tantangan tersendiri bagi petani. Persebaran curah hujan yang terlalu banyak akan menyebabkan akar tanaman menjadi busuk, namun curah hujan yang sangat sedikit juga akan merugikan petani karena biaya produksinya akan bertambah untuk pengairan.

3. Mempengaruhi kesehatan manusia

Iklim dan cuaca juga berpengaruh terhadap kesehatan manusia. Banyak penyakit yang muncul di cuaca tertentu. Sebagai contoh adalah penyakit yang disebarkan oleh nyamuk seperti demam berdarah dan malaria. Seperti yang kita tahu bahwa nyamuk berkembang biak pada genangan air yang banyak ditemukan ketika musim hujan. Dengan demikian penyakit yang sejenis ini akan banyak berkembang ketika musim hujan. Lalu ada pula penyakit yang datangnya ketika musim kemarau atau panas, seperti gangguan tenggorokan, panas dalam dan lain sebagainya.

4. Memicu terjadinya alergi dan beberapa penyakit lain

Ada beberapa alergi dan juga penyakit tertentu yang timbul ketika musim tertentu juga. Seperti yang terjadi di benua Afrika ada penyakit kulit tertentu yang tersebar karena iklim di

Afrika begitu panas. Maka dari itulah penularan penyakit di Afrika tergolong cepat, terlebih dengan dibantu oleh serangga tertentu. hal ini juga tidak lepas dari peranan keadaan iklim.

5. Mempengaruhi kegiatan perindustrian dan perekonomian manusia

Iklim banyak mempengaruhi keadaan perindustrian yang menjadi mata pencaharian banyak orang di Indonesia bahkan di dunia. Sebagai contoh di daerah dingin, maka akan banyak kita temukan industri yang membuat berbagai pakaian hangat dan juga akan banyak kita temukan penjual makanan yang membantu menghangatkan tubuh. Demikian pula di daerah yang panas maka perindustrian akan lebih terfokus dalam pembuatan pakaian yang berbahan katun atau yang dapat membuat manusia menjadi segar. Demikian pula dengan makanan yang dijual pastilah makanan atau minuman dingin yang dapat menyegarkan badan.

6. Mempengaruhi kegiatan di luar ruangan

Pengaruh yang tidak dapat dihilangkan dari iklim dan juga cuaca terhadap kegiatan manusia adalah terhadap kegiatan manusia di luar ruangan atau kegiatan outdoor. Saat kita berkegiatan di luar ruangan maka kita akan langsung berhubungan dengan alam, jadi jika cuaca dingin maka akan terasa dingin yang sangat karena tidak ada pemanas udara seperti di dalam ruangan. Demikian pula jika cuaca panas maka kita akan langsung terhubung dengan penyinaran matahari yang menyengat kulit kita. Jika hujan turun pun maka kita akan langsung basah. Nah, hal- hal seperti inilah yang akan menghambat kegiatan manusia di luar ruangan. Kebanyakan manusia akan lebih menginginkan cuaca yang terik daripada jenis-jenis hujan untuk melakukan kegiatan di luar ruangan.

7. Berpengaruh terhadap kegiatan budidaya ternak maupun perikanan

Kegiatan perekonomian manusia memang bermacam- macam. Selain dalam bidang bercocok tanam maka, manusia juga banyak yang melakukan budidaya binatang seperti ikan. Beberapa jenis ikan hidupnya juga tergantung kondisi iklim dan juga cuaca. Kesuksesan berkembangbiakan ikan- ikan ini akan berdampak pada kemajuan perekonomian masyarakat.

Contoh Soal 5.5 :

Jelaskan mengapa penting peran cuaca dalam kehidupan manusia?

Jawaban :

Cuaca merupakan salah satu faktor yang sangat penting bagi kehidupan manusia. Karena cuaca memiliki peran yang sangat besar terhadap berbagai bidang kehidupan manusia.

Contoh Soal 5.6 :

Jelaskan manfaat cuaca di bidang telekomunikasi?

Jawaban :

Faktor cuaca berpengaruh pula terhadap bidang telekomunikasi. Seperti arus angin dapat dimanfaatkan untuk berkomunikasi antar daerah dengan menggunakan telepon angin. Pengaruh lain yaitu kondisi cuaca yang kurang baik dapat mengganggu jaringan telekomunikasi. Misalnya saat kondisi hujan atau mendung sinyal Handphone menjadi melemah.

PENUGASAN KELAS

1. Bentuklah kelompok kecil dan diskusikanlah tentang pengaruh cuaca dalam berbagai bidang
2. Diskusikanlah dalam kelompok kecil tentang contoh pemanfaatan cuaca dalam kehidupan manusia

RANGKUMAN

1. Cuaca merupakan salah satu faktor yang sangat penting bagi kehidupan manusia
2. Cuaca mempunyai perananan yang besar terhadap kehidupan seperti dalam bidang pertanian, transportasi,telekomunikasi, parawisata, bidang industri, bidang sosial dan budaya.
3. Dampak secara langsung yaitu dampak yang ditimbulkan oleh sesuatu unsur cuaca kepada kegiatan pertanian.
4. Dalam bidang parawisata faktor cuaca berpengaruh pula terhadap bidang pariwisata. Seperti cuaca cerah, banyak cahaya matahari, kecepatan angin, udara sejuk, kering,

panas, dan sebagainya sangat mempengaruhi terhadap pelaksanaan wisata, baik wisata darat maupun laut.

5. Dampak langsung yang dirasakan secara lambat adalah kadar cuaca yang baru dirasakan setelah berkali-kali terjadi, misalnya tanah menjadi lembap setelah beberapa hari turun

EVALUASI FORMATIF 3

hujan, tanah menjadi kering setelah beberapa hari hujan makin berkurang.

1. Apa manfaat cuaca dalam bidang pertanian?
2. Sebutkan salah satu contoh pengaruh cuaca terhadap kesehatan manusia?
3. Mengapa cuaca sangat mempengaruhi kegiatan perindustrian dan perekonomian manusia?
4. Jelaskan pengaruh cuaca dalam kegiatan bercocok tanam baik pertanian maupun perkebunan?

KUNCI JAWABAN

1. Manfaat cuaca dalam bidang pertanian meliputi suhu, curah hujan, dan pola musim sangat berpengaruh terhadap usaha pertanian. Indonesia merupakan salah satu negara yang beriklim tropis, maka sangat cocok sekali untuk usaha pertanian, karena udaranya yang panas dan mendapatkan curah hujan sepanjang tahun.
2. Sebagai contoh adalah penyakit yang disebarkan oleh nyamuk seperti demam berdarah dan malaria. Seperti yang kita tahu bahwa nyamuk berkembang biak pada genangan air yang banyak ditemukan ketika musim hujan. Dengan demikian penyakit yang sejenis ini akan banyak berkembang ketika musim hujan. Lalu ada pula penyakit yang datangnya ketika musim kemarau atau panas, seperti gangguan tenggorokan, panas dalam dan lain sebagainya.
3. Iklim dan cuaca juga sangat berpengaruh terhadap kegiatan bercocok tanam baik berupa pertanian dan juga perkebunan. Banyak orang yang mengambil profesi sebagai pengelola perkebunan maupun sebagai petani. Kesuksesan mereka dalam bercocok tanam akan sangat bergantung kepada iklim dan juga cuaca. Iklim yang dingin akan menciptakan keterbatasan terhadap tanaman yang bisa tumbuh, misalnya saja hanyalah tembakau, teh dan pohon- pohon berdaun jarum. Demikian pula dengan iklim yang panas mungkin

hanya beberapa tanaman yang bisa tumbuh. Nah, hal ini menjadi tantangan tersendiri bagi petani. Temperatur udara yang meningkat dapat mempengaruhi kesehatan jantung. Kedua, jika seseorang mengalami dehidrasi dan terpapar serangan panas yang cukup tinggi maka dapat berpotensi memicu kerusakan otak.

LEMBAR KERJA PRAKTEK 3

Modul 6:

Pengolahan Limbah

PENDAHULUAN

Sampah domestik atau limbah rumah tangga merupakan bahan buangan yang timbul karena adanya kehidupan manusia, masalah lingkungan dan kesehatan masyarakat timbul di berbagai daerah, baik di perkotaan maupun di pedesaan. Sampah domestik yang kerap disebut limbah rumah tangga dapat berupa limbah padat ataupun limbah cair. Limbah padat dapat berupa sampah dan limbah cair dapat berupa air kotor yang berasal dari aktivitas rumah tangga. Limbah yang dibuang sembarangan dapat menimbulkan berbagai bencana, baik pada lingkungan ataupun pada manusia sendiri. Semua negara di bumi ini menyadari bahwa sampah atau limbah adalah salah satu permasalahan yang membawa ketidaknyamanan hidup dalam sebuah lingkungan.

Pertambahan jumlah penduduk, perubahan pola konsumsi, dan gaya hidup masyarakat telah meningkatkan jumlah timbulan sampah, jenis, dan keberagaman karakteristik sampah. Meningkatnya daya beli masyarakat terhadap berbagai jenis bahan pokok dan hasil teknologi serta meningkatnya usaha atau kegiatan penunjang pertumbuhan ekonomi suatu daerah juga memberikan kontribusi yang besar terhadap kuantitas dan kualitas limbah yang dihasilkan. Meningkatnya volume timbunan sampah memerlukan pengelolaan. Pengelolaan sampah atau limbah yang tidak mempergunakan metode dan teknik pengelolaan sampah yang ramah lingkungan selain akan dapat menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan juga akan sangat mengganggu kelestarian fungsi lingkungan baik lingkungan pemukiman, hutan, persawahan, sungai dan lautan.

Buangan yang dihasilkan dari suatu proses *domestic* atau rumah tangga disebut limbah. Dimana masyarakat bermukim, disanalah berbagai jenis limbah akan dihasilkan. Ada sampah, ada air kakus atau biasa disebut *black water*, dan ada air buangan dari berbagai aktivitas domestik lainnya disebut juga *grey water*. Limbah, sampah, dan kotoran yang berasal dari rumah tangga merupakan masalah serius yang perlu diperhatikan untuk menciptakan kesehatan lingkungan. Pembuangan sampah rumah tangga dibiasakan pada tempat sampah, karena itu tempat sampah seharusnya selalu tersedia di lingkungan rumah tempat tinggal sesuai dengan jenisnya,

sampah basah atau *garbage*, sampah kering atau *rubbish*, dan sisa- sisa industri atau *industrial waste*. Selain itu, kebiasaan meludah, buang air kecil dan besar, air limbah juga harus dikelola dengan baik agar tidak mengganggu kesehatan lingkungan. Sampah yang tidak dikelola dengan baik dapat menjadi sarang hewan penyebar penyakit dan bau yang tidak sedap.

Untuk mewujudkan kota bersih dan hijau, pemerintah telah mencanangkan berbagai program yang pada dasarnya bertujuan untuk mendorong dan meningkatkan kapasitas masyarakat dalam pengelolaan sampah dan limbah. Untuk memupuk kesadaran dalam diri kita akan pentingnya hidup bersih dan memupuk rasa tanggung jawab bersama dari masalah sampah yang tak kunjung redah dilingkungan kita.

Kegiatan Pembelajaran 1: Limbah domestik dan sampah

KEMAMPUAN AKHIR YANG DIHARAPKAN

1. Mahasiswa memiliki pengertian dan pemahaman mengenai apa itu limbah
2. Mahasiswa mampu untuk mengetahui apa itu limbah domestik

URAIAN MATERI

Limbah rumah tangga atau limbah *domestic* adalah limbah yang berasal dari dapur, kamar mandi, cucian, limbah bekas industri rumah tangga dan kotoran manusia. Limbah merupakan buangan atau sesuatu yang tidak terpakai berbentuk cair, gas dan padat. Dalam air limbah terdapat bahan kimia yang sukar untuk dihilangkan dan berbahaya. Bahan kimia tersebut dapat memberi kehidupan bagi kuman-kuman penyebab penyakit disentri, tipus, kolera dan penyakit lainnya.

Sampah adalah semua barang atau benda atau sisa barang atau benda yang sudah tidak berguna dan terbuang dari kegiatan sehari-hari. Jadi sampah merupakan produk buangan yang

pada umumnya berbentuk padat dengan komposisi organik dan anorganik. Sampah yang terkumpul dapat menumpuk dan membusuk sehingga sangat mengganggu kesehatan, lingkungan serta mempengaruhi mutu estetika. Sedangkan limbah adalah produk akhir yang berupa material buangan dari sebuah proses pencucian, dekontaminasi atau proses metabolisme tubuh, yang dapat berbentuk cairan atau setengah padat. Tidak berbeda dengan sampah, limbah juga dapat mengganggu kesehatan, lingkungan serta mempengaruhi mutu estetika.

Beberapa pengertian air limbah dan sampah menurut beberapa pendapat antara lain :

- a. Azwar (1989), Air limbah adalah air yang tidak bersih dan mengandung berbagai zat yang membahayakan kehidupan manusia atau hewan serta tumbuhan, merupakan kegiatan manusia seperti limbah industri dan limbah *domestic* atau limbah rumah tangga.
- b. Sugiharto (1987), Air limbah (*waste water*) adalah kotoran dari manusia dan rumah tangga serta berasal dari industri, atau air permukaan serta buangan lainnya, yang demikian air buangan merupakan hal yang bersifat kotoran umum.
- c. Kamus Istilah Lingkungan (1994), Sampah adalah bahan yang tidak mempunyai nilai atau tidak berharga untuk maksud biasa atau utama dalam pemakaian barang rusak atau bercacat dalam pembuatan manufaktur atau materi berlebihan atau ditolak atau buangan
- d. Prof. Ir. Rasyastuti. W (1996), Sampah adalah sumberdaya yang tidak siap pakai
- e. Istilah Lingkungan Untuk Manajemen, Ecolink (1996), Sampah adalah suatu bahan yang terbuang atau dibuang dari sumber hasil aktivitas manusia maupun hasil proses alam yang belum memiliki nilai ekonomis.

Dampak Sampah dan Limbah *Domestic*

Sudah kita sadari bahwa pencemaran lingkungan akibat aktivitas rumah tangga sangat merugikan manusia, baik secara langsung maupun tidak langsung. Melalui kegiatan perindustrian dan teknologi diharapkan kualitas kehidupan dapat lebih ditingkatkan. Namun seringkali peningkatan teknologi juga menyebabkan dampak negatif yang tidak sedikit. Salah satu contohnya pembuangan sampah yang tidak memenuhi persyaratan dapat menimbulkan dampak negative pada lingkungan. Dampak yang ditimbulkan sampah dan limbah antara lain:

1. Pencemaran Lingkungan

Sampah dari berbagai sumber dapat mencemari lingkungan, baik lingkungan darat, udara maupun perairan. Pencemaran darat yang dapat ditimbulkan oleh sampah misalnya ditinjau dari segi kesehatan sebagai tempat bersarang dan menyebarkan bibit penyakit, sedangkan ditinjau dari segi keindahan, tentu saja menurunnya estetika (tidak sedap dipandang mata). Macam pencemaran udara yang ditimbulkannya misalnya mengeluarkan bau yang tidak sedap, debu gas-gas beracun. Macam pencemaran perairan yang ditimbulkan oleh sampah misalnya terjadinya perubahan warna dan bau pada air sungai, penyebaran bahan kimia dan mikroorganisme yang terbawa air hujan dan meresapnya bahan-bahan berbahaya sehingga mencemari sumur dan sumber air.

2. Penyebab Penyakit

Tempat-tempat penumpukan sampah dan air limbah dari air buangan rumah tangga merupakan lingkungan yang baik bagi hewan penyebar penyakit misalnya : lalat, nyamuk, tikus, dan bakteri patogen (penyebab penyakit). Adanya hewan-hewan penyebar penyakit tersebut mudah tersebar dan menjalar ke lingkungan sekitar. Penyakit-penyakit itu misalnya kolera, disentri, tipus, diare, dan malaria.

3. Penyumbatan Saluran Air dan Pemicu Banjir

Sampah jalanan dan sampah rumah tangga sering bertaburan di jalan serta sampah yang tidak dibuang pada tempatnya, jika turun hujan akan terbawa ke selokan atau sungai, akibatnya sungai akan tersumbat dan timbul banjir. Selanjutnya banjir dapat menyebarkan penyakit dan kemudharatan bagi manusia sendiri. Kemudian banyak selokan di musim hujan menjadi mampet karena penduduk membuang sampah disembarang tempat.

4. Gangguan Infrastruktur

Infrastruktur lain dapat juga dipengaruhi oleh pengelolaan sampah yang tidak memadai, seperti tingginya biaya yang diperlukan untuk pengolahan air. Jika sarana penampungan sampah kurang atau tidak efisien, orang akan cenderung membuang sampahnya di jalan. Hal ini mengakibatkan jalan perlu lebih sering dibersihkan dan diperbaiki.

Pengolahan dan Pengelolaan Sampah

Masalah sampah menjadi salah satu permasalahan di setiap kota, tidak hanya di Indonesia tetapi juga di dunia. Penanganan masalah sampah yang tidak baik akan menimbulkan dampak yang luas, tidak saja bagi lingkungan, tetapi juga berdampak buruk bagi perekonomian, dan sosial. Untuk mengolah sampah menjadi kompos, diperlukan pemilahan dan pemisahan sampah organik dan sampah anorganik.

Pada pengolahan dan pengelolaan sampah, bak sampah dapat dipakai untuk membuang kotoran seperti daun, plastik, kertas. Pembakaran kotoran dari sampah untuk bak yang dibuat dari kayu diambil dahulu lalu dibakar di tempat. Sampah kompleks perumahan biasanya diambil dengan gerobak sampah atau truk sampah dan dibuang ke tempat lain. Dapat dibuat bak, bisa dari kayu bekas atau batu bata, bisa juga dari porselin. Bak dari kayu lebih sederhana tetapi kotoran tidak dapat dibakar, karena bak akan terbakar. Bak yang dari batu bata kotorannya bisa dibakar. Agar supaya kayu bawah tidak terkena rayap dapat dibuatkan kaki. Begitu pula pada bak batu bata, agar mudah memindahkan bak. Cara pembuatan bak sampah dapat dilihat pada Gambar di bawah ini.



Gambar.6.1 Alternatif bentuk bak sampah

Bak sampah tersebut digunakan untuk membuang kotoran sampah seperti kertas, daun, dll. Agar tetap terawat, maka perlu diperhatikan hal, yaitu :

- a. Bak kayu perlu di cat
- b. Setelah penuh diambil terus dibakar
- c. Jangan membuang yang berbau busuk seperti bangkai, dsb.

Berikut ini beberapa cara pengolahan dan pengelolaan sampah rumah tangga :

1. Mendaur Ulang Sampah Rumah Tangga

Mendaur ulang sampah merupakan salah satu cara yang perlu mendapat prioritas utama dalam pengelolaan sampah rumah tangga, karena gangguan pencemarannya tinggi. Pengomposan sebaiknya dilakukan di dalam wadah untuk mencegah pencemaran lingkungan, gangguan binatang dan menjaga estetika.

Bahan wadah tempat sampah :

- Wadah portable dapat menggunakan drum, plastik, kayu, anyaman bambu, dsb.
- Wadah permanen dapat menggunakan pasangan semen dengan ukuran: panjang dan lebar minimal 75 cm, sedangkan tingginya lebih kurang 100 cm. Bagian atas dibuatkan tutup yang mudah dibuka/tutup, bagian depan bawah diberi lobang panen kompos.

Alat yang telah diuji coba dengan hasil baik adalah drum 200 liter, diberi pasangan pipa PVC berlubang-lubang untuk penghawaan. Bahan yang dikomposkan berupa sampah daun dan sisa makanan dapur.

2. Cara Pengomposan Sampah Rumah Tangga :

- a) Drum dipasang tegak, diganjal dan di bawah lubang ditaruh pecahan genteng untuk mencegah tikus masuk.
- b) Sampah daun dari pembersihan halaman dikumpulkan di dekat drum komposter dan dipotong-potong (2,5 - 5 cm) menggunakan parang atau gunting rumput.
- c) Sampah dapur ditampung dulu di dapur dalam dua ember kecil bertutup, yang satu untuk sisa makanan, yang kedua untuk plastik dan barang-barang bekas lain. Setiap kali ember sisa makanan penuh, dibawa ke kebun, dan dimasukkan ke dalam drum kemudian di atasnya ditutup rapat dengan potongan daun atau serbuk gergaji untuk mencegah pencemaran lalat dan menyeimbangkan C2N ratio. Kemudian di atas lapisan ditaburi aktivator isolat mikroorganisme 2 - 3 sendok besar (antara lain: orgaded, stardec, dsb.), atau kompos dan terakhir disiram air agar selalu lembab.

- d) Demikian dilakukan setiap hari sampai drum penuh dan biarkan pengomposan berlanjut. Proses pengomposan akan merambat dari bawah ke atas seperti yang terjadi di lantai hutan.
- e) Untuk mempercepat pengomposan, sejak drum berisi separuh, perlu sering ditusuk-tusuk agar terjadi lorong-lorong penghawaan.
- f) Setelah lebih kurang 6 minggu, kompos dipanen dengan mengeluarkannya dari drum, dikering anginkan dan dapat langsung dipakai. Sesudah itu drum dapat dipakai kembali.

Atau bisa dengan cara :

a) Pengumpulan dan pemisahan sampah

Sampah dikumpulkan dari dalam pasar dan ditampung di ruang penampungan. Di tempat ini sampah non organik dipisahkan dengan sampah organik. Karena sebagian besar sampah pasar adalah sampah organik, tahapan ini mudah dilakukan secara manual. Menampung sampah sekaligus menyortir sampah non organik.

b) Pencacahan Sampah

Sampah organik yang sudah terpisah dengan sampah non organik selanjutnya dicacah dengan menggunakan mesin pencacah. Tujuan dari pencacahan ini adalah untuk memperkecil dan menyeragamkan bahan baku kompos.

c) Penyiapan Promi

Umumnya untuk bahan-bahan lain promi diencerkan dengan air, tetapi untuk sampah pasar ini promi tidak boleh diencerkan dengan air. kandungan air di dalam sampah sudah cukup tinggi sehingga penambahan air akan kurang baik untuk proses pengomposan. bahan yang digunakan untuk mengencerkan promi adalah pasir atau tanah kering. tanah/pasir diayak terlebih dahulu sebelum digunakan. PROMI (*Promoting Microbes*) adalah mikroba bahan aktif yang terdiri dari tiga macam mikroba, yaitu; *Aspergillus* sp, *Trichordema harzianum* DT 38 dan *Trichordema harzianum* DT 39, ditambah dengan mikroba pelapuk.

1. Pencampuran Promi di dalam Bak pengomposan

Selanjutnya sampah yang telah dicacah dicampurkan dengan promi dan ditampung di bak-bak pengomposan. Sampah tidak boleh diinjak-injak, karena akan menyebabkan menjadi padat

dan kandungan udara di dalam kompos berkurang. Setelah penuh, sampah ditutup dengan terpal plastik dan didiamkan selama 14 hari. Sampah ditutup dengan terpal plastik dan diikubasi.

2. Panen Kompos

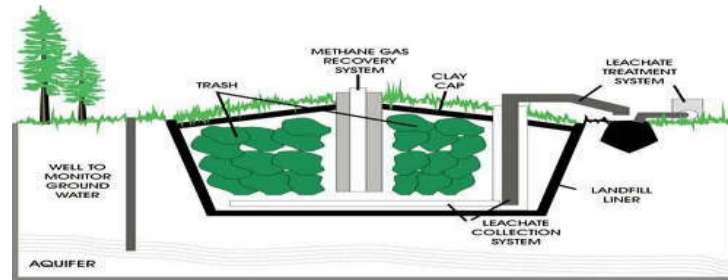
Setelah 14 hari sampah akan berubah warna menjadi kehitaman dan menjadi lebih lunak. Kompos sampah telah cukup matang. Kompos selanjutnya dipanen dan dibawa ke tempat pengolahan lebih lanjut. Di tempat ini kompos dicacah lagi dan dikemas ke dalam karung-karung plastik. Kompos matang setelah 14 hari.

3. Pengolahan Pasca Panen

Setelah dipanen kompos dijemur untuk mengurangi kadar air kompos. Kompos yang telah kering selanjutnya dicacah agar ukurannya seragam dan menarik. Kemudian kompos dikemas ke dalam karung-karung plastik.

Pengomposan sampah dalam jumlah banyak:

1. Apabila tersedia banyak bahan baku sampah, misalnya setelah pemangkasan tanaman, bahan baku ini dapat dimasukkan seluruhnya ke dalam wadah dengan menggunakan sistem berlapis (*sandwich system*), dengan ketebalan lapisan kurang lebih 30 cm. Di atas setiap lapisan bahan baku sampah diberi pupuk kandang, tanah subur, kompos atau ditaburi aktivator biologis (*orgadec, stardec, dll.*) kemudian diberi air supaya lembab. Demikian dilakukan sampai penuh dan wadah segera ditutup untuk menghindari gangguan berbagai binatang.
2. Tempat Pembuangan Akhir dan Penerapan Sanitary Landfill. Sanitary Landfill adalah sistem pengelolaan sampah yang mengembangkan lahan cekungan dengan syarat tertentu, antara lain jenis dan porositas tanah. Dasar cekungan pada sistem ini dilapisi geotekstil. Lapisan yang menyerupai plastik ini menahan peresapan lindi ke tanah. Diatas lapisan ini, dibuat jaringan pipa yang akan mengalirkan lindi ke kolam penampungan. Lindi yang telah melalui instalasi pengolahan baru dapat dibuang ke sungai. Sistem ini juga mensyaratkan sampah diuruk dengan tanah setebal 15 cm tiap kali timbunan mencapai ketinggian 2 meter.



Gambar 6.2 Pengolahan sampah dengan system Sanitary Landfill

Sistem Sanitary Landfill tentunya harus memenuhi desain teknis tertentu sehingga sampah yang dimasukkan ke tanah tidak mencemarkan tanah dan air tanah. Di sejumlah negara maju, sebelum dibuang ke tempat pembuangan akhir (TPA), sampah dipilah terlebih dahulu antara sampah organik dan non-organik, sampah yang mudah terdegradasi dan yang sulit. Sistem ini mampu mengontrol emisi gas metan, karbondioksida atau gas berbahaya lainnya akibat proses pemadatan sampah. RSL juga bisa mengontrol populasi lalat di sekitar TPA. Sehingga mencegah penyebaran bibit penyakit. Cara kerjanya, di RSL, sampah ditumpuk dalam satu lahan. Lahan tempat sampah tersebut sebelumnya digali dan tanah liatnya dipadatkan. Lahan ini disebut ground liner. Usai tanah liat dipadatkan, tanah kemudian dilapisi dengan geo membran, lapisan mirip plastik berwarna yang dengan ketebalan 2,5 milimeter yang terbuat dari High Density Polytilin, salah satu senyawa minyak bumi. Lapisan ini lah yang nantinya akan menahan air lindi (air kotor yang berbau yang berasal dari sampah), sehingga tidak akan meresap ke dalam tanah dan mencemari air tanah. Di atas lapisan geo membran dilapisi lagi geo textile yang gunanya memfilter kotoran sehingga tidak bercampur dengan air lindi. Secara berkala air lindi ini dikeringkan. Sebelum dipadatkan, sampah yang menumpuk diatas lapisan geo textile ini kemudian ditutup dengan menggunakan lapisan geo membran untuk mencegah menyebarnya gas metan akibat proses pembusukan sampah (yang dipadatkan) tanpa oksigen. Geo membran ini juga akan menyerap panas dan membantu proses pembusukan. Radiasinya akan dipastikan dapat membunuh lalat dan telur-telurnya di sekitar sampah. Sementara hasil pembusukan sampah dalam bentuk kompos bisa dijual. Gas metan ini juga yang pada akhirnya digunakan untuk memanaskan air hujan yang sebelumnya ditampung untuk mencuci truk-truk pengangkut sampah. Henky yakin jika truk sampah yang bentuknya tertutup dicuci setiap kali habis mengangkut sampah, tidak akan menebarkan bau ke lokasi TPA.

Pengolahan sampah dengan sistem ini sebenarnya sama saja dengan yang sudah dilaksanakan TPA Bantar Gebang. Hanya saja, pada Zona I TPA Bantar Gebang, ground liner tidak menggunakan geo membran untuk menahan air lindi. Dan terjadi kebocoran yang menyebabkan pencemaran air serta pencemaran udara. Jika, TPA Bantar Gebang direhabilitasi kemudian pola pengolahannya digantikan dengan RSL, pemerintah daerah Jakarta, menurut Henky tidak perlu mencari lokasi baru untuk menampung sampah. Karena sampah dapat diolah secara berkesinambungan dan sistem di ground liner bisa diperbaiki secara berkala. Sampah seperti pecahan kaca, logam, dan plastik dibakar dulu hingga menjadi abu sebelum ditimbun. Sampah yang mudah terdegradasi seperti sisa makanan, digiling terlebih dulu sebelum ditimbun. Dasar TPA dilapisi bahan kedap air dan diberi saluran untuk cairan hasil dari pembusukan sampah (lindi). Di dekat TPA harus ada sumur kontrol untuk mengontrol apakah air tanah di sekitar TPA sudah tercemar. TPA di Indonesia, sesungguhnya tidak menerapkan sanitary landfill seperti yang sering didengung-dengungkan. Paling banter TPA itu menggunakan sistem open dumping alias model curah yang lebih primitif dibandingkan dengan sanitary landfill, yakni sampah ditumpuk bergunung-gunung. Jika sistem ini dilengkapi lapisan dasar kedap air dan saluran untuk lindi masih dianggap mendingan. Namun, kalau tidak sangat berbahaya sekali karena sampah akan mencemari tanah dan air tanah (berupa bakteri *e-coli* dan logam berat) secara langsung. Sudah begitu, sistem open dumping yang digunakan ternyata masih disertai dengan pembakaran sampah. Padahal, pembakaran sampah itu "haram hukumnya" karena pembakaran sampah hanya menghasilkan oksidan berbahaya bagi kesehatan, apalagi kalo sampah yang dibakar adalah sampah non-organik, seperti plastik, kaca, atau logam. Jika itu dilakukan sama saja dengan memindahkan sampah di permukaan tanah ke udara dalam bentuk oksidan.

Sampah landfill yang diproduksi pasar dan rumah tangga, seperti sisa makanan, sisa sayur mayur, atau segala yang cepat busuk dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik dan sumber energi untuk membangkitkan listrik dari tenaga uap. Tempat pembuangan dengan rayonisasi juga mempersingkat waktu waktu dari pengambilan ke tempat pembuangan sampah untuk langsung diolah. Durasi ini penting untuk meminimalkan bau akibat proses pembusukan yang tidak dapat ditunda. Truk-truk yang menutup sampahnya dengan terpal plastik tebal adalah cermin pengelolaan sampah yang buruk, dengan ditutup rapat seperti itu bau yang timbul akan lebih menyengat sebab proses anaerob menghasilkan gas asam sulfida, metan, dan licit. Sampah cukup ditutup dengan semacam jaring halus yang memungkinkan proses aerob atau menyerap oksigen dan mengeluarkan CO₂ yang tidak berbau.

Rayonisasi pembuangan sampah tidak akan membuat warga sekitarnya terganggu apabila tempat pembuangan dan pengolahan sampah dikelola dengan baik dan tidak menimbulkan polusi. Kompensasi sosialnya, warga sekitar mendapat tambahan subsidi kesehatan dan pendidikan sebagai insentif. Indikator yang bisa dilihat dari komitmen Pemerintah untuk mempercepat kesadaran masyarakat salah satunya adalah baik buruknya pengelolaan sampah di setiap kota yang selalu parsial, latah dan berorientasi kepada proyek.

Merujuk pada Protokol Kyoto (1997) yang sampai saat ini belum diratifikasi oleh Indonesia, khususnya pada Annex A, disebutkan bahwa jenis-jenis buangan yang bisa diperdagangkan adalah gas-gas rumah kaca, buangan bahan bakar, serta buangan industri mineral, logam, pelarut dan limbah. Namun, belum banyak pihak yang memahami apa yang bisa dimanfaatkan menurut protokol tersebut karena Indonesia masih belum meratifikasi. Menurut pakar Lingkungan Prof (Em) Dr. Otto Soemarwoto, " Semua pihak yang berhubungan dengan emisi sebaiknya mempelajari Protokol Kyoto dan pengaturannya melalui Mekanisme Pembangunan Bersih sehingga ketika diratifikasi, semua bisa memanfaatkannya". Kesadaran warga untuk mau memilah sampah organik dan anorganik sebetulnya dapat dipicu dengan memberikan insentif berupa pengurangan pajak bagi restoran, kantor, dan pusat bisnis yang kooperatif dalam pemilahan sampah ini.

Contoh Soal 6.1:

Jelaskan apa yang dimaksud dengan limbah rumah tangga?

Jawab :

Limbah rumah tangga atau limbah *domestic* adalah limbah yang berasal dari dapur, kamar mandi, cucian, limbah bekas industri rumah tangga dan kotoran manusia

Contoh Soal 6.2:

Menurut Sugiharto(1987) apa pengertian air limbah dan sampah?

Jawab :

Air limbah (*waste water*) adalah kotoran dari manusia dan rumah tangga serta berasal dari industri, atau air permukaan serta buangan lainnya, yang demikian air buangan merupakan hal yang bersifat kotoran umum.

PENUGASAN KELAS

1. Bentuklah kelompok kecil dan diskusikanlah tentang limbah rumah tangga
2. Diskusikanlah dalam kelompok kecil mengenai pengolahan limbah *domestic* atau limbah rumah tangga.

RANGKUMAN

1. Sampah domestik atau limbah rumah tangga merupakan bahan buangan yang timbul karena adanya kehidupan manusia
2. Sampah domestik yang kerap disebut limbah rumah tangga dapat berupa limbah padat ataupun limbah cair
3. Limbah padat dapat berupa sampah dan limbah cair dapat berupa air kotor yang berasal dari aktivitas rumah tangga.
4. Dalam air limbah terdapat bahan kimia yang sukar untuk dihilangkan dan berbahaya. Bahan kimia tersebut dapat memberi kehidupan bagi kuman-kuman penyebab penyakit disentri, tipus, kolera dan penyakit lainnya
5. Jadi sampah merupakan produk buangan yang pada umumnya berbentuk padat dengan komposisi organik dan anorganik. Sampah yang terkumpul dapat menumpuk dan membusuk sehingga sangat mengganggu kesehatan, lingkungan serta mempengaruhi mutu estetika. Sedangkan limbah adalah produk akhir yang berupa material buangan dari sebuah proses pencucian, dekontaminasi atau proses metabolisme tubuh, yang dapat berbentuk cairan atau setengah padat

EVALUASI FORMATIF 1

1. Apa yang dimaksud dengan limbah *domestic* atau limbah rumah tangga?
2. Apa yang dimaksud dengan sampah?
3. Apa pengertian air limbah menurut Azwar(1989)?
4. Tuliskan apa saja dampak yang ditimbulkan sampah dan limbah?
5. Bagaimana cara pengomposan sampah rumah tangga?

KUNCI JAWABAN

1. Limbah merupakan buangan atau sesuatu yang tidak terpakai berbentuk cair, gas dan padat.
2. sampah merupakan produk buangan yang pada umumnya berbentuk padat dengan komposisi organik dan anorganik.
3. Azwar (1989), Air limbah adalah air yang tidak bersih dan mengandung berbagai zat yang membahayakan kehidupan manusia atau hewan serta tumbuhan, merupakan kegiatan manusia seperti limbah industri dan limbah *domestic* atau limbah rumah tangga.
4. Pencemaran lingkungan, Penyebab penyakit, Penyumbatan saluran air dan pemicu banjir, Gangguan infrastruktur
5.
 - a. Drum dipasang tegak, diganjal dan di bawah lubang ditaruh pecahan genteng untuk mencegah tikus masuk.
 - b. Sampah daun dari pembersihan halaman dikumpulkan di dekat drum komposter dan dipotong-potong (2,5 - 5 cm) menggunakan parang atau gunting rumput.
 - c. Sampah dapur ditampung dulu di dapur dalam dua ember kecil bertutup, yang satu untuk sisa makanan, yang kedua untuk plastik dan barang-barang bekas lain. Setiap kali ember sisa makanan penuh, dibawa ke kebun, dan dimasukkan ke dalam drum kemudian di atasnya ditutup rapat dengan potongan daun atau serbuk gergaji untuk mencegah pencemaran lalat dan menyeimbangkan C2N ratio. Kemudian di atas lapisan ditaburi aktivator isolat mikroorganisme 2 - 3 sendok besar (antara lain: orgaded, stardec, dsb.), atau kompos dan terakhir disiram air agar selalu lembab.
 - d. Demikian dilakukan setiap hari sampai drum penuh dan biarkan pengomposan berlanjut. Proses pengomposan akan merambat dari bawah ke atas seperti yang terjadi di lantai hutan.
 - e. Untuk mempercepat pengomposan, sejak drum berisi separuh, perlu sering ditusuk-tusuk agar terjadi lorong-lorong penghawaan.
 - f. Setelah lebih kurang 6 minggu, kompos dipanen dengan mengeluarkannya dari drum, dikering anginkan dan dapat langsung dipakai. Sesudah itu drum dapat dipakai kembali.

Kegiatan Pembelajaran 2: Jenis-jenis limbah Rumah Tangga

KEMAMPUAN AKHIR YANG DIHARAPKAN

1. Mahasiswa mampu menjelaskan dan tentang jenis-jenis limbah rumah tangga
2. Mahasiswa mampu menjelaskan dan mengetahui cara pengolahan jenis limbah rumah tangga

URAIAN MATERI

Jenis – jenis unit pengolahan limbah domestik.

1. Septic tank

Sistem septic tank sebenarnya adalah sumur rembesan atau sumur kotoran. *Septic tank* merupakan sistem sanitasi yang terdiri dari pipa saluran dari kloset, bak penampungan kotoran cair dan padat, bak resapan, serta pipa pelepasan air bersih dan udara.

Hal-hal yang harus diperhatikan saat pembangunan septic tank agar tidak mencemari air dan tanah sekitarnya adalah :

- a. Jarak minimal dari sumur air bersih sekurangnya 10m.
- b. Untuk membuang air keluaran dari septic tank perlu dibuat daerah resapan dengan lantai septic tank dibuat miring kearah ruang lumpur antara lain sebagai berikut:
 1. Septic tank direncanakan untuk pembuangan kotoran rumah tangga dengan jumlah air limbah antara 100 – 200 liter/orang/hari dari volume penggunaan air bersih.
 2. Waktu tinggal air limbah didalam tangki diperkirakan minimal ± 3 hari.

3. Besarnya ruang lumpur diperkirakan untuk dapat menampung lumpur yang dihasilkan setiap orang rata-rata 30-40 liter/orang/tahun dan waktu pengambilan lumpur diperhitungkan 5 tahun.
4. Pipa air masuk kedalam tangki hendaknya selalu lebih tinggi kurang lebih 2.5 cm dari pipa air keluar.
5. Septic tank harus dilengkapi dengan lubang pemeriksaan dan lubang penghawaan untuk membuang gas hasil penguraian.
6. Proses pengolahan yang secara biologi dilakukan oleh mikro organisme / bakteri pengurai.

Agar *septic tank* tidak mudah penuh dan mampat, awet dan tahan lama perlu diperhatikan hal berikut:

1. KemiringanPipa Kemiringan pipa menentukan kelancaran proses pembuangan limbah. Selisih ketinggian kloset dan permukaan air bak penampung kotoran minimal 2 %, artinya setiap 100cm terdapat perbedaan ketinggian 2cm.
2. Pemilihan Pipa yang tepat Pipa saluran sebaiknya berupa PVC. Ukuran minimal adalah 4 inchi. Rumah yang memiliki jumlah toilet yang banyak sebaiknya menggunakan pipa yang lebih besar. Perancangan saluran diusahakan dibuat lurus tanpa belokan, karena belokan atau sudut dapat membuat mampat.
3. Sesuaikan Kapasitas Septic tank Untuk rumah tinggal dengan jumlah penghuni empat orang, cukup dibuat septic tank dengan ukuran (1.5×1.5×2)m. bak endapan dan sumur resapan bias dibuat dengan ukuran (1x1x2)m. semakin banyak penghuni rumah maka semakin besar ukuran yang dibutuhkan.Bak Harus Kuat dan Kedap Air Septic tank harus terbuat dari bahan yang tahan terhadap korosi, rapat air dan tahan lama. Konstruksi septic tank harus kuat menahan gaya-gaya yang timbul akibat tekanan air, tanah maupun beban lainnya.
4. Sumur resapan
Sumur Resapan Air merupakan rekayasa teknik konversi air yang berupa bangunan yang dibuat sedemikian rupa sehingga menyerupai bentuk sumur gali dengan kedalaman tertentu yang digunakan sebagai tempat penampung air hujan diatas atap rumah dan meresapkannya ke dalam tanah.

Konstruksi Sumur Resapan Air (SRA) merupakan alternatif pilihan dalam mengatasi banjir banjir dan menurunkan permukaan air tanah pada kawasan perumahan, karena dengan pertimbangan :

1. Pembuatan konstruksi SRA sederhana.
2. Tidak memerlukan biaya yang besar.
3. Bentuk konstruksi SRA sederhana.

Manfaat pembangunan Sumur Resapan Air antara lain :

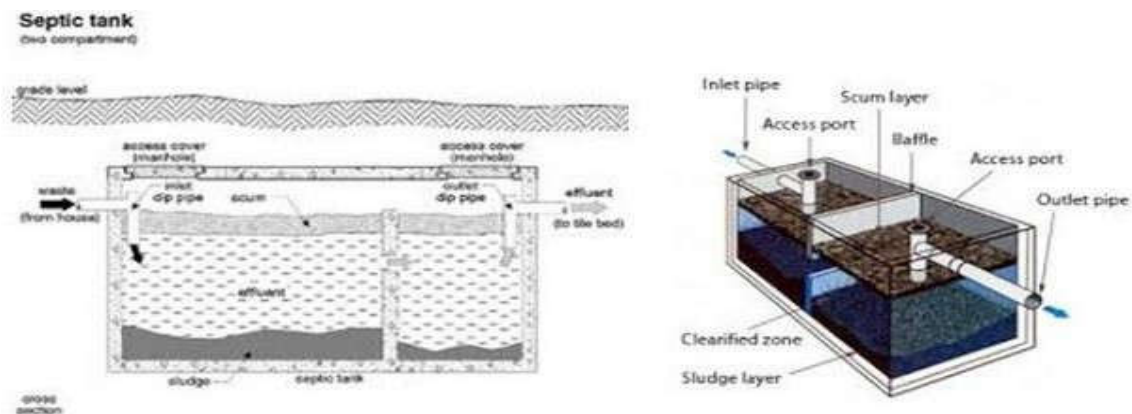
1. Mengurangi aliran permukaan dan mencegah terjadinya genangan air, sehingga mengurangi terjadinya banjir dan erosi.
2. Mempertahankan tinggi muka air tanah dan menambah persediaan air
3. Mencegah menurunnya lahan sebagai akibat pengambilan air tanah yang berlebihan.

Proses air limbah dari wc sampai kembali kedalam

Limbah dari WC melalui saluran, masuk ke septic tank untuk diendapkan dan di saring, kemudian dialirkan ke Drain Field sehingga dapat masuk ke dalam air tanah.

Jenis - jenis septic tank :

❖ Persegi



Gambar 6.3. Jenis septic tank

Pada ruangan pertama limbah cair yang masuk akan menjadi 3 bagian yaitu :

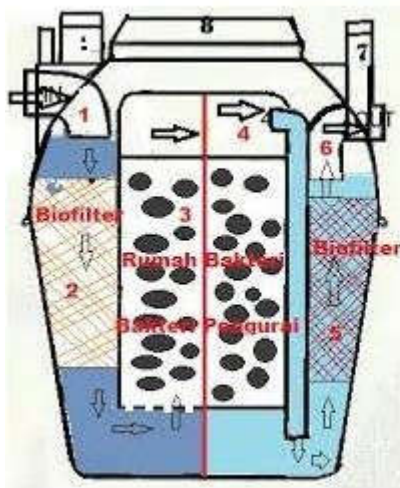
- Lumpur/sludge yang mengendap pada bagian bawah dan untuk seterusnya lumpur ini akan terurai lewat proses anaerobik.
- Supernatant adalah cairan yang telah berkurang unsur padatnya dan untuk seterusnya akan mengalir menuju ke chamber 2.

- Scum (buih) yang merupakan bahan yang lebih ringan dari air seperti minyak, lemak, dan bahan ikutan lain. Scum ini bertambah lama bertambah tebal, karena itu perlu dihilangkan secara periodik (biasanya sekali dalam 1 tahun). Scum ini sebenarnya tidak mengganggu reaksi yang terjadi selama proses pengolahan, tetapi bila terlalu tebal akan memakan tempat sehingga kapasitas treatment akan berkurang atau tidak temapat tidak mencukupi lagi dan itu yang menyebabkan septictank mudah penuh.

Pada ruangan yang kedua akan terjadi yaitu :

- Endapan lumpur/sludge khususnya partikel yang tidak terendapkan pada ruang pertama.
- Supernatant yang seterusnya menjadi sesuai baku mutu untuk dibuang ke alam atau diresapkan kedalam tanah.

❖ Tabung



Gambar.6.4 Tabung

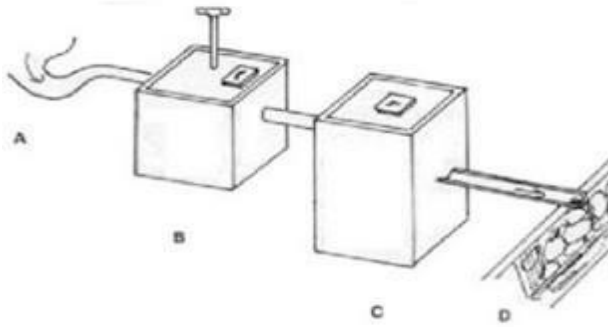
Dimana pada prinsipnya proses pengolahan limbah pada septictank tabung sama dengan septictank persegi yaitu mempunyai lebih dari satu ruangan untuk memproses kotoran yang masuk sehingga dapat terurai kembali kedalam tanah.

1. Air buangan

Selain dari buangan closet (WC) limbah bekas air buangan kamar mandi dan bekas air cucian juga harus dikelola dengan baik. Berikut ini merupakan ketentuan yang sedapat mungkin untuk dilakukan dalam pengelolaannya yaitu tempat cucian dipasang tidak jauh dari dapur. Bak cucian dipasang saringan, saluran pralon ke bak kontrol yang jaraknya maksimum 5 m.

Bak ini perlu ditutup dan diberi pegangan agar memudahkan pengambilan tutup bak. Agar binatang tidak dapat masuk perlu dibuat besi penghalang.

Dibawah ini adalah gambar pengelolaan air limbah saluran pembuangan.



Gambar 6.5 Saluran pembuangan

Dari gambar tersebut terlihat kegunatempat pengelolaan limbah, yaitu untuk membuang aircucian dapur dan kamar mandi serta untuk membuang air kotoran kamar mandi. Saluran pengolahan limbah ini perlu dibersihkan secara teratur terutama pada saringan air. Jangan membuang benda-benda padat seperti : batu kerikil, kertas, kain, plastik dan barang-barang lainnya, karena akan menyumbat saluran.

Limbah air bekas mandi dan cuci dialirkan ke bak kontrol dan langsung ke sumur resapan. Air akan tersaring pada bak resapan dan air yang keluar dari bak resapan sudah bebas dari pencemaran. Tempat mandi dan cuci dibuat dari batu bata, campuran semen dan pasir. Bak kontrol dibuat terutama untuk saluran yang berbelok, karena pada saluran berbelok lama-lama terjadi pengikisan ke samping sedikit demi sedikit, dan akan terjadi suatu pengendapan kotoran. Dibuat juga sumur resapan yang terbuat dari susunan batu bata kosong yang diberi kerikil dan lapisan ijuk. Sumur resapan diberi kerikil dan pasir. Jarak antara sumur air bersih ke sumur resapan minimum 10 m supaya air bersih tidak tercemar.

2. Sistem tangki septik filter up flow

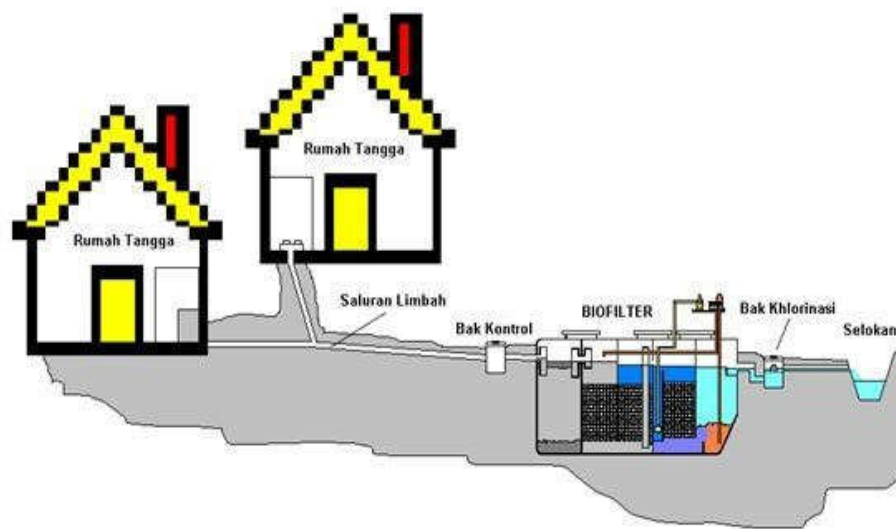
Prinsip kerja tangki septik dengan filter up flow ini pada dasarnya sama dengan tangki septik biasa, yakni terdiri dari bak pengendap, ditambah dengan suatu filter yang diisi dengan kerikil atau batu pecah.

Filter up flow ini mempunyai dua fungsi yang menguntungkan dalam proses pengolahan air buangan rumah tangga secara individu yakni :

1. Adanya air buangan yang melalui media krikil yang terdapat pada filter yang lama kelamaan mengakibatkan timbulnya lapisan lendir yang menyelimuti krikil atau yang

disebut juga biological film. Air buang ayang masih mengandung zat organik yang belum teruraikan pada tangki setik bila melalui lapisan lendir ini akan mengalami proses penguraian secara biologis.

2. Bak filter juga berfungsi sebagai media penyaring bagi buangan yang melalui media ini. Sebagai akibatnya air buangan yang mengandung suspended solid dan bakteri E. Coli setelah melalui filter ini akan berkurang konsentrasinya. Efesiensi penyaringan akan sangat besar karena dengan adanya filter up flow yakni penyaringan dengan sistem aliran keatas akan mengurangi kecepatan partikel yang terdapat pada air buangan dan partikel yang tidak terbawa aliran ketas akan mengendap didasar bak filter.



Gambar 6.6 Filter up flow

3R atau *Reuse, Reduce, dan Recycle* sampai sekarang masih menjadi cara terbaik dalam mengelola dan menangani sampah dengan berbagai permasalahannya. Penerapan sistem 3R atau *reuse, reduce, dan recycle* menjadi salah satu solusi pengelolaan sampah di samping mengolah sampah menjadi kompos atau memanfaatkan sampah menjadi sumber listrik (PLTSa; Pembangkit Listrik Tenaga Sampah). Justru pe,ngelolaan sampah dengan sistem 3R (*Reuse Reduce Recycle*) dapat dilaksanakan oleh setiap orang dalam kegiatan sehari-hari. 3R terdiri atas *reuse, reduce, dan recycle*. *Reuse* berarti menggunakan kembali sampah yang masih dapat digunakan untuk fungsi yang sama ataupun fungsi lainnya. *Reduce* berarti mengurangi segala sesuatu yang mengakibatkan sampah. Dan *Recycle* berarti mengolah kembali (daur ulang) sampah menjadi barang atau produk baru yang bermanfaat.

Melakukan 3R (*Reuse Reduce Recycle*) setiap hari. Mengelola sampah dengan sistem 3R (*Reuse Reduce Recycle*) dapat dilakukan oleh siapa saja, kapan saja (setiap hari), di mana saja, dan tanpa biaya. Yang dibutuhkan hanya sedikit waktu dan kepedulian kita. Berikut adalah kegiatan 3R (*Reuse Reduce Recycle*) yang dapat dilakukan di rumah, sekolah, kantor, ataupun di tempat-tempat umum lainnya.

Contoh kegiatan *reuse* sehari-hari:

- Pilihlah wadah, kantong atau benda yang dapat digunakan beberapa kali atau berulang-ulang. Misalnya, penggunaan serbet dari kain dari pada menggunakan tisu, menggunakan baterai yang dapat di *charge* kembali.
- Gunakan kembali wadah atau kemasan yang telah kosong untuk fungsi yang sama atau fungsi lainnya. Misalnya botol bekas minuman digunakan kembali menjadi tempat minyak goreng.
- Gunakan alat-alat penyimpan elektronik yang dapat dihapus dan ditulis kembali
- Gunakan sisi kertas yang masih kosong untuk menulis.
- Gunakan email (surat elektronik) untuk berkirim surat.
- Jual atau berikan sampah yang terpilah kepada pihak yang memerlukan

Contoh kegiatan *reduce* sehari-hari:

- Pilih produk dengan kemasan yang dapat didaur ulang.
- Hindari memakai dan membeli produk yang menghasilkan sampah dalam jumlah besar.
- Gunakan produk yang dapat diisi ulang (*refill*). Misalnya alat tulis yang bisa diisi ulang kembali).
- Maksimumkan penggunaan alat-alat penyimpan elektronik yang dapat dihapus dan ditulis kembali.
- Kurangi penggunaan bahan sekali pakai.
- Gunakan kedua sisi kertas untuk penulisan dan fotokopi.
- Hindari membeli dan memakai barang-barang yang kurang perlu.

Contoh kegiatan *recycle* sehari-hari:

- Pilih produk dan kemasan yang dapat didaur ulang dan mudah terurai.
- Olah sampah kertas menjadi kertas atau karton kembali.
- Lakukan pengolahan sampah organik menjadi kompos.
- Lakukan pengolahan sampah non organik menjadi barang yang bermanfaat.

Bak sampah dapat dipakai untuk membuang kotoran seperti daun, plastik, kertas. Pembakaran kotoran dari sampah untuk bak yang dibuat dari kayu diambil dahulu lalu dibakar di tempat. Sampah kompleks perumahan biasanya diambil dengan gerobak sampah/truk sampah dan dibuang ke tempat lain.

Dapat dibuat bak, bisa dari kayu bekas/batu bata atau bisa juga dari porselin. Bak dari kayu lebih sederhana tetapi kotoran tidak dapat dibakar, karena bak akan terbakar. Bak yang dari batu bata, kotorannya bisa dibakar. Agar supaya kayu bawah tidak terkena rayap dapat dibuatkan kaki. Begitu pula pada bak batu bata, agar mudah memindahkan bak.

Gambar dibawah ini menjelaskan bagaimana proses pembuangan sampah dari tempat pembuangan sampah sementara (TPSS) sampai dengan ke tempat pembuangan sampah (TPSU).



Gambar 6.7 Tempat pembuangan sampah sementara

Contoh Soal 6.3:

Sebutkan jenis *septic tank*?

Jawaban :

Persegi dan tabung

Contoh Soal 6.4:

Apa yang dimaksud dengan *septic tank*?

Jawaban :

Septic tank merupakan sistem sanitasi yang terdiri dari pipa saluran dari kloset bak penampung kotoran cair dan padat, bak resapan, serta, pipa pelepasan air bersih dan udara.

PENUGASAN KELAS

1. Bentuklah kelompok kecil dan diskusikanlah tentang septic tank
2. Diskusikanlah dalam kelompok kecil tentang prinsip kerja alat *septic tank*

RANGKUMAN

1. *Septic tank* merupakan sistem sanitasi yang terdiri dari pipa saluran dari kloset , bak penampungan kotoran cair dan padat, bak resapan,serta pipa pelepasan air bersih dan udara.
2. Hal-hal yang yang harus diperhatikan saat pembangunan septic tank agar tidak mencemari air dan tanah sekitarnya adalah Jarak minimal dari sumur air bersih sekurangnya 10m, untuk membuang air keluaran dari septic tank perlu dibuat daerah resapan dengan lantai septic tank dibuat miring kearah ruang lumpur.
3. Prinsip kerja tangki septik dengan filter up flow ini pada dasarnya sama dengan tangki septik biasa, yakni terdiri dari bak pengendap, ditambah dengan suatu filter yang diisi dengan kerikil atau batu pecah.
4. 3R terdiri atas *reuse*, *reduce*, dan *recycle*.
5. *Recycle* berarti mengolah kembali (daur ulang) sampah menjadi barang atau produk baru yang bermanfaat

EVALUASI FORMATIF 2

1. Apa yang perlu diperhatikan agar septic tank tidak muda penuh dan mampat, awet dan tahan lama?
2. Apa yang dimaksud sumur resapan?

3. Apa manfaat sumur resapan air?
4. Apa contoh kegiatan reduce sehari-hari?

KUNCI JAWABAN

1. Kemiringan pipa, pemilihan pipa yang tepat, sesuaikan kapasitas *septic tank*, bak harus kuat dan kedap air.
2. Sumur Resapan Air merupakan rekayasa teknik konversi air yang berupa bangunan yang dibuat sedemikian rupa sehingga menyerupai bentuk sumur gali dengan kedalaman tertentu yang digunakan sebagai tempat penampung air hujan diatas atap rumah dan meresapkannya ke dalam tanah.
3. Manfaat pembangunan Sumur Resapan Air antara lain :
 1. Mengurangi aliran permukaan dan mencegah terjadinya genangan air, sehingga mengurangi terjadinya banjir dan erosi.
 2. Mempertahankan tinggi muka air tanah dan menambah persediaan air
 3. mencegah menurunnya lahan sebagai akibat pengambilan air tanah yang berlebihan
4. Contoh kegiatan *reduce* sehari-hari:
 - Pilih produk dengan kemasan yang dapat didaur ulang.
 - Hindari memakai dan membeli produk yang menghasilkan sampah dalam jumlah besar.
 - Gunakan produk yang dapat diisi ulang (refill). Misalnya alat tulis yang bisa diisi ulang kembali).
 - Maksimumkan penggunaan alat-alat penyimpan elektronik yang dapat dihapus dan ditulis kembali.
 - Kurangi penggunaan bahan sekali pakai.
 - Hindari membeli dan memakai barang-barang yang kurang perlu.

LEMBAR KERJA PRAKTEK 2

Kegiatan Pembelajaran 3 : Konsep Pengolahan Limbah Rumah Tangga

KEMAMPUAN YANG DIHARAPKAN

1. Mahasiswa mampu menjelaskan tentang konsep pengolahan limbah rumah tangga
2. Mahasiswa mampu dan dapat menjelaskan dampak akibat limbah rumah tangga

URAIAN MATERI

Saat ini, pencemaran lingkungan akibat limbah rumah tangga telah mencakup semua elemen yakni udara, air, dan tanah. Pengelolaan limbah yang baik meliputi penanganan limbah secara keseluruhan agar limbah tersebut tidak mengganggu kesehatan, estetika, dan lingkungan. Menurut Tjokrokusumo, pengolahan limbah ada tiga jenis yaitu pengolahan secara fisika, pengolahan secara kimia, dan pengolahan secara biologi. Dan perkembangan metode dan proses pengolahan limbah ini terus berkembang dan beragam. Terdiri dari pengolahan primer, pengolahan sekunder, dan pengolahan tersier. Proses-proses pengolahan tersebut dapat diaplikasikan secara keseluruhan, berupa kombinasi beberapa proses atau hanya salah satu disesuaikan dengan kebutuhan. Untuk limbah rumah tangga dapat diolah berdasarkan klasifikasi dan jenis limbahnya.

Jenis-jenis Limbah Rumah Tangga dan Pengolahannya

1. Limbah Padat/Sampah

Sampah adalah bahan sisa, baik, bahan-bahan yang sudah tidak digunakan lagi (barang bekas) maupun bahan yang sudah diambil bagian utamanya yang dari segi ekonomis, sampah adalah bahan buangan yang tidak ada harganya dan dari segi lingkungan, sampah adalah bahan buangan yang tidak berguna dan banyak menimbulkan masalah pencemaran dan gangguan pada kelestarian lingkungan. Limbah padat atau sampah yang bersumber dari limbah rumah tangga meliputi:

- a. Sampah Organik adalah sampah yang bisa terurai dengan sendirinya karena bisa membusuk misalnya sisa-sisa makanan, sayuran, buah-buahan, nasi, dan sebagainya. Dampak dari pembuangan limbah organik yang mengandung protein akan menghasilkan bau yang tidak sedap/busuk dan menyebabkan eutrofikasi atau menjadikan perairan terlalu subur sehingga terjadi ledakan jumlah alga dan fitoplankton yang saling berebut mendapat cahaya untuk fotosintesis.
- b. Sampah Anorganik adalah limbah yang tidak bisa atau sulit diuraikan oleh proses biologi misalnya plastik, kaca, bersumber dari peralatan rumah tangga, aluminium, kaleng, dan sebagainya. Akibat dari menumpuknya limbah seperti ini (plastik, styrofoam, dan lain-lain) selain mengganggu pemandangan dan polutan pada tanah.

Dalam rencana pengelolaan sampah perlu adanya metode pengolahan sampah yang baik. Adapun bentuk pengelolaan yang dianjurkan untuk menangani masalah sampah adalah sebagai berikut:

- a. Pemilihan Pengelolaan sampah dapat dilakukan dengan mengadakan pemilahan sampah basah (organik) dan sampah kering (anorganik) oleh masing-masing rumah tangga. Bagi rumah tangga yang memiliki lahan, dapat mengolah sampah basah menjadi kompos yang berguna untuk tanaman, sedangkan untuk sampah kering seperti kertas, botol, plastik dan kaleng, sebelum dibuang sebaiknya dipilah dulu, dikarenakan sampah tersebut ada yang dapat didaur ulang atau digunakan kembali, bisa juga diberikan kepada pemulung dan yang tidak bisa dipakai kembali dapat dibuang.
- b. Pewadahan Pola pewadahan yang direncanakan adalah pola individual, yaitu setiap keluarga menyediakan pewadahan, wadah ditempatkan di halaman depan rumah atau di pinggir jalan sehingga mempermudah pada saat pengumpulan dan pengangkutan. Maksud dari pewadahan sampah ini adalah untuk memisahkan sampah anorganik menurut jenisnya/bahan, agar memudahkan dalam proses pengolahan selanjutnya. Pewadahan yang merupakan suatu cara penampungan sampah untuk sementara sebelum dipindahkan ke tempat pembuangan sementara (TPS) atau (TPA). Untuk mencegah terjadinya kebocoran atau menimbulkan bau sehingga mengganggu

lingkungan dan pernafasan, maka semua sampah harus disimpan dalam wadah yang memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- Tertutup
 - Tidak mudah rusak dan kedap air
 - Mudah dan cepat dikosongkan serta diangkut
 - Ekonomis dan mudah diperoleh.
- c. Pengumpulan Untuk menangani masalah persampahan yang bersumber dari rumah tangga, pola pengumpulan yang dianjurkan adalah pola individual tak langsung, dimana sampah dikumpulkan oleh petugas kebersihan yang mendatangi tiap-tiap sumber sampah (rumah ke rumah) dan diangkut ke tempat pembuangan sementara (TPS). Pola pengumpulan lain yang menjadi alternatif adalah Pola komunal langsung adalah kegiatan pengambilan sampah dari masing-masing titik komunal dan diangkut langsung ke tempat pembuangan akhir tanpa melalui kegiatan pemindahan.
- d. Pengangkutan Jenis kendaraan pengangkut sampah yang digunakan untuk pola pengumpulan komunal langsung adalah jenis compactor truck dengan kapasitas 6 m³ dan arm roll truck yang berkapasitas 4 m³. Kendaraan jenis compactor truck memiliki kelebihan dapat melakukan pengepresan sampah sehingga kapasitas daya tampungnya dapat ditingkatkan. Dalam pemuatan maupun pembongkaran sampah, compactor truck dan arm roll dilengkapi dengan lengan tarik hidrolik sehingga dapat bergerak secara otomatis yang dikendalikan oleh sopir sehingga tidak bersentuhan langsung dengan sampah.
- e. Tempat pembuangan sementara (TPS) Setelah sampah dikumpulkan dan diangkut, maka selanjutnya sampah dibuang ke tempat pembuangan sementara yang tersedia.
- f. Penanganan sampah dengan konsep 3R Upaya penanganan diharapkan dapat mengurangi jumlah sampah secara signifikan mulai dari sumbernya sampai sampai ke tempat pembuangan akhir. Ada beberapa cara menangani pengurangan sampah yang lebih dikenal dengan prinsip 3R meliputi kegiatan:

Reduce (Mengurangi): kegiatan mengurangi sampah, tidak akan mungkin menghilangkan sampah secara keseluruhan tetapi secara teoritis aktivitas ini akan mengurangi sampah dalam jumlah yang nyata. Oleh karena itu kita harus mengurangi penggunaan bahan atau barang yang kita gunakan dalam aktivitas kita sehari-hari, karena semakin banyak kita menggunakan bahan atau barang, maka akan semakin banyak sampah yang dihasilkan. Mengurangi produksi sampah dapat dilakukan dengan cara:

1. Menggunakan bahan atau barang yang awet.
2. Mengurangi penggunaan barang sekali pakai.
3. Mengurangi belanja barang yang tidak terlalu dibutuhkan.
4. Merawat dan memperbaiki pakaian, mainan, perkakas dan peralatan rumah tangga daripada menggantinya dengan yang baru.
5. Menggunakan kantong plastik (kresek) 3 sampai 5 kali untuk berbelanja.
6. Menggunakan keranjang atau kantong yang dapat digunakan berulang ulang.

Reuse (Memakai kembali): Sebisa mungkin pilihlah barang-barang yang bisa dipakai kembali, hindari pemakaian barang yang sekali pakai, hal ini dapat memperpanjang waktu pemakaian barang sebelum menjadi sampah. Pemakaian kembali barang bekas tanpa harus memprosesnya dulu:

1. Menggunakan kembali kemasan untuk fungsi yang sama atau fungsi lainnya.
2. Memanfaatkan barang kemasan menjadi tempat penyimpanan sesuatu. Seperti kertas bekas, botol plastik, botol kaca masih dapat dipergunakan kembali untuk keperluan lainnya. Contohnya kertas, koran bekas dapat digunakan kembali sebagai pembungkus barang-barang, botol plastik digunakan sebagai tempat bibit tanaman.
3. Menggunakan bahan yang bisa dipakai ulang daripada yang sekali buang, sebagai misalnya: membeli batere yang dapat diisi ulang daripada batere sekali buang.

Recycle (Mendaur ulang): Sebisa mungkin barang-barang yang sudah tidak berguna lagi, bisa didaur ulang, tidak semua barang bisa didaur ulang namun saat ini sudah banyak industri formal yang memanfaatkan sampah menjadi barang lain. Sampah anorganik yang masih memiliki nilai ekonomis yang dapat didaur ulang (misalnya: kertas, plastik, gelas, kaleng, botol, sisa kain), dilakukan pengepakan kemudian dijual kepada pengepul sampah sedangkan sampah anorganik yang tidak dapat dimanfaatkan lagi dibuang ke TPA.

2. Air Limbah (Dihasilkan dari kegiatan mandi dan mencuci)

Limbah cair *domestic (domestic wastewater)* yaitu limbah cair yang dihasilkan dari kegiatan rumah tangga, restoran, penginapan, mall dan lainlain. Contoh : air bekas cucian pakaian atau peralatan makan, air bekas mandi, sisa makanan berwujud cair dan lain-lain.

Air limbah harus dikelola untuk mengurangi pencemaran. Pengelolaan air limbah rumah tangga dapat dilakukan dengan membuat saluran air kotor dan bak peresapan dengan memperhatikan ketentuan sebagai berikut:

1. Tidak mencemari sumber air minum yang ada di daerah sekitarnya baik air dipermukaan tanah maupun air di bawah permukaan tanah.
2. Tidak mengotori permukaan tanah.
3. Menghindari tersebarnya cacing tambang pada permukaan tanah.
4. Mencegah berkembangbiaknya lalat dan serangga lain.
5. Tidak menimbulkan bau yang mengganggu.
6. Konstruksi agar dibuat secara sederhana dengan bahan yang mudah didapat dan murah.
7. Jarak minimal antara sumber air dengan bak resapan 10 m.

Pengelolaan limbah rumah tangga yang paling sederhana ialah pengelolaan dengan menggunakan pasir dan bendabenda terapung melalui bak penangkap pasir dan saringan. Benda yang melayang dapat dihilangkan oleh bak pengendap yang dibuat khusus untuk menghilangkan minyak dan lemak. Lumpur dari bak pengendap pertama dibuat stabil dalam bak pembusukan lumpur, di mana lumpur menjadi semakin pekat dan stabil, kemudian dikeringkan dan dibuang. Pengelolaan sekunder dibuat untuk menghilangkan zat organik melalui oksidasi dengan menggunakan saringan khusus. Pengelolaan secara tersier hanya untuk membersihkan saja. Cara pengelolaan yang digunakan tergantung keadaan setempat, seperti sinar matahari, suhu yang tinggi di daerah tropis yang dapat dimanfaatkan.

3. Kotoran yang dihasilkan manusia Limbah ini meliputi tinja dan urine.

Menurut Suparmin, keseimbangan ekosistem tanah, air, dan udara dapat terganggu karena pencemaran ekosistem oleh berbagai jenis bahan pencemar biologis, kimiawi, maupun fisik yang terdapat pada tinja dan limbah cair. Oleh karena itu, pembuangan tinja dan limbah cair yang aman dan saniter, akan mencegah pencemaran lingkungan. Jamban yang sehat adalah suatu cara pembuangan air kotoran manusia agar air kotoran tersebut tidak mengganggu kesehatan dan lingkungan. Kemudian dibuat bak penampung kotoran (septik tank) yang terdiri dari bak pengumpul dan bak peresapan serta dihubungkan dengan saluran pipa pralon.

Contoh Soal 6.5 :

Apa yang dimaksud limbah cair *domestic*?

Jawaban :

Limbah cair domestic (*domestic wastewater*) yaitu limbah cair yang dihasilkan dari kegiatan rumah tangga, restoran, penginapan, mall dan lain-lain. Contoh : air bekas cucian pakaian atau peralatan makan, air bekas mandi, sisa makanan berwujud cair dan lain-lain.

Contoh Soal 6.6 :

Bagaimana menurut Suparmin, akibat pencemaran keseimbangan ekosistem tanah, air dan udara?

Jawaban :

Menurut Suparmin, keseimbangan ekosistem tanah, air, dan udara dapat terganggu karena pencemaran ekosistem oleh berbagai jenis bahan pencemar biologis, kimiawi, maupun fisik yang terdapat pada tinja dan limbah cair. Oleh karena itu, pembuangan tinja dan limbah cair yang aman dan saniter, akan mencegah pencemaran lingkungan.

PENUGASAN KELAS

1. Bentuklah kelompok kecil dan diskusikanlah tentang bagaimana cara pengolahan sampah
2. Diskusikanlah dalam kelompok kecil tentang bagaimana cara mengurangi produk sampah

RANGKUMAN

1. Limbah padat atau sampah adalah bahan sisa, baik bahan yang sudah diambil bagian utamanya yang dari segi ekonomis, sampah adalah bahan buangan yang tidak ada harganya dan dari segi lingkungan, sampah adalah bahan buangan yang tidak berguna dan banyak menimbulkan masalah pencemaran dan gangguan kelestarian lingkungan.
2. Sampah Anorganik adalah limbah yang tidak bisa atau sulit diuraikan oleh proses biologi misalnya plastik, kaca, bersumber dari peralatan rumah tangga, aluminium, kaleng, dan

sebagainya. Akibat dari menumpuknya limbah seperti (plastik, styrofoam, dan lain-lain) selain mengganggu pemandangan dan polutan pada tanah.

3. Pemilihan Pengelolaan sampah dapat dilakukan dengan mengadakan pemilahan sampah basah (organik) dan sampah kering (anorganik) oleh masing-masing rumah tangga.
4. Penanganan sampah dengan konsep 3R Upaya penanganan diharapkan dapat mengurangi jumlah sampah secara signifikan mulai dari sumbernya sampai sampai ke tempat pembuangan akhir
5. Pengelolaan limbah rumah tangga yang paling sederhana ialah pengelolaan dengan menggunakan pasir dan bendabenda terapung melalui bak penangkap pasir dan saringan. Benda yang melayang dapat dihilangkan oleh bak pengendap yang dibuat khusus untuk menghilangkan minyak dan lemak.⁹ Lumpur dari bak pengendap pertama dibuat stabil dalam bak pembusukan lumpur, di mana lumpur menjadi semakin pekat dan stabil, kemudian dikeringkan dan dibuang. Pengelolaan sekunder dibuat untuk menghilangkan zat organik melalui oksidasi dengan menggunakan saringan khusus. Pengelolaan secara tersier hanya untuk membersihkan saja. Cara pengelolaan yang digunakan tergantung keadaan setempat, seperti sinar matahari, suhu yang tinggi di daerah tropis yang dapat dimanfaatkan.

EVALUASI FORMATIF 3

1. Sebutkan tiga jenis pengolahan limbah menurut Tjokrokusumo?
2. Sebutkan salah satu jenis limbah rumah tangga?
3. Bagaimana cara pemilihan pengolahan sampah?
4. Tuliskan beberapa cara untuk mengurangi produksi sampah?
5. Bagaimana cara pengolahan limbah yang paling sederhana?

KUNCI JAWABAN

1. Menurut Tjokrokusumo, pengolahan limbah ada tiga jenis yaitu pengolahan secara fisika, pengolahan secara kimia, dan pengolahan secara biologi
2. Sampah Anorganik adalah limbah yang tidak bisa atau sulit diuraikan oleh proses biologi misalnya plastik, kaca, bersumber dari peralatan rumah tangga, aluminium, kaleng, dan sebagainya. Akibat dari menumpuknya limbah seperti ini (plastik, styrofoam, dan lain-lain) selain mengganggu pemandangan dan polutan pada tanah.

3. Pemilihan pengelolaan sampah dapat dilakukan dengan mengadakan pemilahan sampah basah (organik) dan sampah kering (anorganik) oleh masing-masing rumah tangga. Bagi rumah tangga yang memiliki lahan, dapat mengolah sampah basah menjadi kompos yang berguna untuk tanaman, sedangkan untuk sampah kering seperti kertas, botol, plastik dan kaleng, sebelum dibuang sebaiknya dipilah dulu, dikarenakan sampah tersebut ada yang dapat didaur ulang atau digunakan kembali, bisa juga diberikan kepada pemulung dan yang tidak bisa dipakai kembali dapat dibuang.
4. Mengurangi produksi sampah dapat dilakukan dengan cara:
 1. Menggunakan bahan atau barang yang awet.
 2. Mengurangi penggunaan barang sekali pakai.
 3. Mengurangi belanja barang yang tidak terlalu dibutukan.
 4. Merawat dan memperbaiki pakaian, mainan, perkakas dan peralatan rumah tangga daripada menggantinya dengan yang baru.
 5. Menggunakan kantong plastik (kresek) 3 sampai 5 kali untuk berbelanja.
 6. Menggunakan keranjang atau kantong yang dapat digunakan berulang ulang.
5. Pengelolaan limbah rumah tangga yang paling sederhana ialah pengelolaan dengan menggunakan pasir dan bendabenda terapung melalui bak penangkap pasir dan saringan. Benda yang melayang dapat dihilangkan oleh bak pengendap yang dibuat khusus untuk menghilangkan minyak dan lemak. Lumpur dari bak pengendap pertama dibuat stabil dalam bak pembusukan lumpur, di mana lumpur menjadi semakin pekat dan stabil, kemudian dikeringkan dan dibuang. Pengelolaan sekunder dibuat untuk menghilangkan zat organik melalui oksidasi dengan menggunakan saringan khusus. Pengelolaan secara tersier hanya untuk membersihkan saja. Cara pengelolaan yang digunakan tergantung keadaan setempat, seperti sinar matahari, suhu yang tinggi di daerah tropis yang dapat dimanfaatkan.

Lembar Kerja Praktek 3

Modul 7:

Bencana Alam

PENDAHULUAN

Bencana alam biasanya terjadi karena faktor alam itu sendiri maupun karena ulah manusia. Bencana alam karena faktor alam terjadi murni karena berbagai proses yang terjadi di alam tanpa sedikitpun manusia terlibat didalamnya. Kejadiannya merupakan peristiwa yang mengikuti hukum alam tertentu.

Bencana alam karena gejala alam biasanya sulit untuk diperkirakan dan sulit untuk dihindari. Manusia sering tidak berdaya untuk menghentikan karena kekuatannya di luar jangkauan kemampuan manusia. Sebagai contoh, bencana letusan gunung api tidak bisa dihentikan oleh manusia karena kekuatannya sangat dahsyat dan kemampuan manusia yang terbatas. Manusia hanya berupaya mengurangi dampak buruk yang ditimbulkan dengan memantau perkembangannya dan segera melakukan evakuasi ketika bencana terjadi.

Kegiatan Pembelajaran 1: Bencana Alam

KEMAMPUAN AKHIR YANG DIHARAPKAN

1. Mahasiswa mampu memahami tentang bencana alam
2. Mahasiswa mampu mengetahui dampak dan cara mengevakuasi bencana dalam kehidupan sehari-hari

URAIAN MATERI

A. Pengertian Bencana Alam

Media informasi seringkali menjadikan banjir, kekeringan, longsor, letusan gunung api, gempa bumi dan kebakaran hutan sebagai berita utama mereka, seakan tidak ada berita lain yang mampu mengalahkan semarak kabar duka tersebut. Bahkan informasi yang demikian telah menjadi santapan.

Manusia hidup tidak pernah lepas dari alam. Dari kekayaan alam, kebutuhan manusia semua terpenuhi. Akan tetapi melalui alam juga, manusia disadarkan bahwa bencana bias terjadi kapan saja. Sebut saja gempa bumi, tsunami, letusan

gunung api, dan sebagainya.

Bencana alam adalah konsekuensi dari kombinasi aktivitas alami (suatu peristiwa fisik, seperti letusan gunung api, gempa bumi dan tanah longsor) dan aktivitas manusia. Ketidakberdayaan manusia, dan kurang baiknya manajemen keadaan darurat, dapat menyebabkan kerugian materil, maupun moril bahkan nyawa.

Tinggi rendahnya kerugian akibat bencana tergantung pada kemampuan manusia untuk mencegah dan menghindari bencana serta tergantung pada daya tahan tubuh manusia itu sendiri. Secara ringkas dapat dikatakan bahwa bencana muncul bila ancaman bahaya bertemu dengan ketidakberdayaan.

Aktivitas alam yang berbahaya, tidak akan berubah menjadi bencana jika tidak dipadukan dengan ketidakberdayaan manusia. Misalnya, gunung meletus, tidak akan menjadi bencana bagi manusia jika efeknya letusannya tidak mengganggu manusia. Dalam hal ini, dapat kita pahami bahwa manusia menjadi perhatian utama jika kita membicarakan bencana.

B. Macam – Macam Bencana Alam

Keberadaan dan kehidupan manusia tidak dapat dipisahkan dari lingkungannya. Lingkungan memberikan berbagai kemungkinan untuk dikelola dan dimanfaatkan bagi kesejahteraan hidup umat manusia. Menurut Nursid Sumaatmadja (1991) lingkungan itu sendiri adalah semua kondisi, situasi, benda, dan makhluk hidup yang ada di sekitar sesuatu makhluk hidup (organisme) yang mempengaruhi perikehidupan, pertumbuhan, dan sifat-sifat atau karakter makhluk hidup tersebut. Dengan demikian, lingkungan tidak terbatas pada lingkungan fisis dan biologis, tetapi juga lingkungan ekonomi, sosial, dan budaya.

Lingkungan yang baik, begitu penting bagi seluruh makhluk hidup khususnya segenap umat manusia untuk tetap bisa bertahan di muka bumi ini. Namun, lingkungan pun bisa menjadi sumber marabahaya atau musuh yang sulit ditaklukkan, jika lingkungan tidak berada pada kondisi yang semestinya. Dalam kondisi demikian, lingkungan dapat mengancam kesejahteraan umat manusia yang ada di sekitarnya.

Kondisi alam, layaknya mampu memberikan dukungan yang sangat baik bagi kehidupan umat manusia. Ini dapat terjadi, jika semua aspek lingkungan tersebut berjalan dengan serasi dan sinergis. Alam memang dinamis sifatnya, namun kedinamisan itu akan menawarkan sesuatu hal yang positif jika dibarengi dengan keserasian dalam pengelolaannya. Terlalu sulit untuk menyatakan bahwa manusia

tidak terlibat atau tidak berperan dalam timbulnya bencana. Pada bencana yang telah, sedang, dan mungkin yang akan terjadi, di sana terdapat andil kita, terdapat peran kita, atau bahkan kitalah penyebabnya. Dalam bab ini, marilah kita bahas mengenai macam-macam bencana alam. Agar lebih mudah dipahami, bahasan akan dibagi dua, yaitu:

1. Bencana alam yang terjadi murni karena gejala alam atau bumi. Tergolong dalam macam bencana ini adalah gempa bumi, letusan gunungapi, dan tsunami.
2. Bencana alam yang terjadi karena ada campur tangan manusia atau ada akselerasi (percepatan) oleh manusia. Tergolong pada macam bencana ini adalah banjir, longsor, kekeringan, dan kebakaran hutan.

1. Gempa Bumi

Sebelum tahun 2000 kita belum banyak mengenal gempa bumi. Keterbatasan berita melalui media massa yang sampai pada kita merupakan salah satu penyebabnya. Namun, sejak tahun 2000-an sejalan dengan perkembangan teknologi informasi dan media masa (cetak maupun elektronik) berita tentang gempa bumi sering kita dengar, bahkan cenderung akrab di telinga kita.

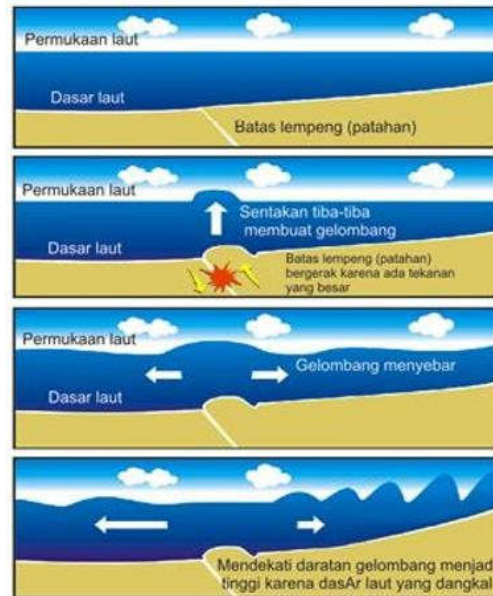
Peristiwa Gempa bumi yang diikuti oleh tsunami, mulai dikenal luas oleh masyarakat kita sejak kejadian gempa bumi dan tsunami di Aceh dan Sumatera Utara pada tanggal 24 Desember 2004. Disusul oleh gempa bumi di Yogyakarta tanggal 27 Mei 2006, dan gempa bumi dan tsunami di Pangandaran masih di tahun 2006. Peristiwa gempa bumi lain yang terjadi akhir-akhir ini terjadi Bengkulu, Pulau Mentawai, dan Papua, serta di beberapa tempat lain.

Gempa bumi adalah getaran yang terjadi permukaan bumi yang disebabkan adanya kekuatan dari dalam bumi. Bumi kita walaupun padat, selalu bergerak, dan gempa bumi terjadi apabila tekanan yang terjadi karena pergerakan itu sudah terlalu besar untuk dapat ditahan. Kekuatan dari dalam bumi yang menyebabkan gempa tersebut bermacam-macam tergantung penyebabnya, bentuk episentrumnya, letak hiposentrumnya, dan jarak dari episentrumnya.

Gempa Bumi adalah sebuah getaran atau pergerakan yang terjadi secara tiba tiba akibat adanya pelepasan energi secara tiba tiba yang terjadi pada permukaan bumi. Pelepasan energi yang secara tiba tiba mengakibatkan gelombang seismik, yang bisa bersifat destruktif pada berbagai hal yang berdiri diatas permukaan bumi, termasuk bangunan, pohon pohon, dan lain lainnya.

a. Proses Terjadinya Gempa Bumi

Percaya atau tidak, kira-kira 500.000 gempa bumi terjadi setiap tahun. Kira-kira 1000 dari gempa bumi ini menyebabkan beberapa kerusakan dan hanya kira-kira 100.000 dapat dirasakan. Gempa bumi lainnya membuat tanah bergoyang perlahan, sehingga tidak ada seorang pun yang memperhatikannya. Beberapa getaran kerak bumi, meskipun kecil, terhitung sebagai gempa bumi.



Gambar 7.1 Bagaimana gempa yang diikuti oleh tsunami

Gempa bumi terjadi pada tepi lempengan besar dari kerak bumi. Selama dua lempengan berdesak-desakan dan terjadi ketegangan posisi. Lempengan itu secara tiba-tiba terpeleket dan meluncur. Hal ini mengakibatkan tanah bergoyang. Pada gempa bumi yang paling buruk, belahan terbesar mungkin membuka tanah dan menelan gedung, mobil, bahkan manusia. Sebagian besar gempa bumi berakhir kurang dari semenit, tetapi gempa bumi di Alaska pada tahun 1964 berakhir setelah 7 menit. Belahan selebar 90 sentimeter muncul di tanah.



Gambar 7.2: hancur akibat gempa

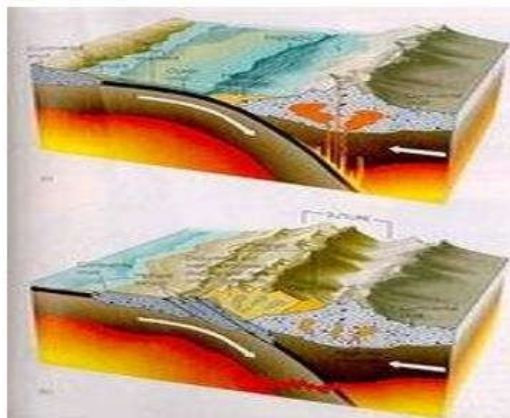
Selama lempengan bergerak, guncangan bergelombang tinggi terjadi melalui batu-batu pada kerak bumi. Hal ini disebut guncangan seismik dan guncangan ini dapat dirasakan beratus-ratus kilometer jauhnya dari gempa bumi. Para ahli ilmu gempa bumi mempelajari guncangan ini untuk mencari lebih dalam tentang bumi yang retak. Kekuatan gempa bumi diukur dengan skala khusus yang disebut Skala Richter. Skalanya dimulai dari 1-10 dan masing-masing nomor menggambarkan kekuatan gempa. Sejauh ini, gempa bumi terhebat berkekuatan 8,9 pada skala Richter yang terjadi di Nanggroe Aceh Darussalam dan Pulau Nias.

b. Klasifikasi Gempa bumi

Mari kita bahas macam-macam gempa berdasarkan penyebab, bentuk episentrumnya, letak hiposentrumnya, dan jarak dari episentrumnya:

1. Berdasarkan peristiwa yang menyebabkannya, gempa bumi digolongkan menjadi tiga jenis, yaitu
 - a. Gempa bumi tektonik, adalah gempa yang terjadi karena pelepasan tenaga akibat pergeseran sesar atau kekenyalan elastis pada daerah tumbukan lempeng samudera dengan lempeng benua. Dengan kata lain, gempa tektonik adalah gempa yang disebabkan gerakan tektonik berupa retakan atau patahan. Jenis gempa ini merupakan jenis gempa yang sering terjadi di Indonesia.

Umumnya daerah tumbukan dan retakan lempeng merupakan pusat (hiposentrum) gempa di dalam bumi yang dirambatkan ke permukaan bumi (episentrum) yang selanjutnya menimbulkan getaran-getaran gempa di permukaan bumi. Contoh peristiwa gempa tektonik terhebat yang terjadi di Indonesia dapat anda simak pada beberapa kejadian uraian berikut :



Gambar 7.3 Gempa tektonik akibat pergeseran/patahan lempeng bumi

- Gempa yang terjadi pada tahun 2000 di Wilayah Bengkulu dengan kekuatan 7,3 skala Richter, mengakibatkan kerusakan, baik infrastruktur maupun lahan pertanian.
 - Gempa yang terjadi di Nanggroe Aceh Darussalam dan Nias pada 26 Desember 2004, dengan kekuatan 8,9 skala Richter, yang pusat gempanya di dasar laut, mengakibatkan tsunami. Dampak yang ditimbulkan bencana tsunami di Aceh dan Nias memakan korban kira-kira 100.000 jiwa dan kerusakan bangunan maupun lahan pertanian.
 - Pada tahun 2006, negara kita digoncangkan dengan gempa bumi tektonik di dua wilayah pulau Jawa, yaitu di Yogyakarta dengan kekuatan 5,9 skala Richter dan tanggal 27 Juli 2006 di pagandaran di Kabupaten Ciamis dengan kekuatan 6,5 skala Richter.
- b. Gempa bumi vulkanik, adalah gempa bumi akibat aktivitas gunung api, yaitu akibat gerakan magma dari dalam bumi yang naik ke atas (lubang kepundan). Gerakan magma ini menimbulkan getaran-getaran gempa yang dapat dirasakan oleh masyarakat di sekitar gunung api sebelum gunung tersebut meletus. Pengaruh getaran gempa ini relatif kecil, yang potensi merusak justru letusan gunung api itu sendiri, akibat muntahan lava, lahar, batu, pasir, abu dan gas vulkanik.



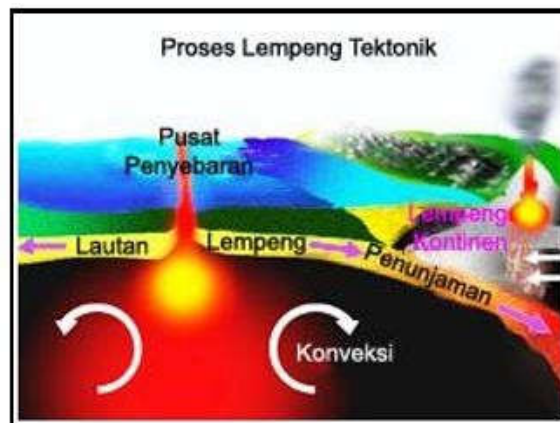
Gambar 7.4 Gempa vulkanik terjadi sebelum dan pada saat letusan

- c. Gempa bumi runtuh (terban), adalah gempa bumi yang disebabkan oleh runtuhnya lubang-lubang interior (bagian dalam) bumi, misalnya runtuhnya lorong tambang dan lorong sebuah goa. Gempa bumi ini adalah yang paling kecil getarannya.



gambar 7.5 Runtuhan tebing menyebabkan gempa bumi

2. Berdasarkan bentuk episentrumnya, ada dua macam gempa, yaitu:
 - a. Gempa linier, adalah gempa yang episentrumnya berbentuk garis (linier). Gempa-gempa tektonik umumnya termasuk jenis gempa linier, sebab patahan sudah tentu merupakan suatu garis.
 - b. Gempa sentral, adalah gempa yang episentrumnya berbentuk titik. Gempa vulkanik dan gempa runtuh termasuk kelompok ini karena episentrumnya berupa titik.

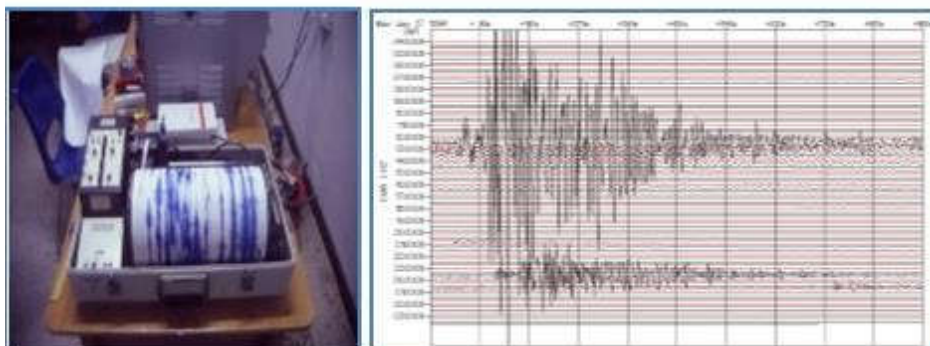


Gambar 7.6 Pusat penyebaran gempa tektonik

3. Berdasarkan letak/kedalaman hiposentrumnya, terdapat tiga macam gempa, yaitu:
 - Gempa dalam, jika letak hiposentrumnya 300-700 km.
 - Gempa intermidier (menengah), jika hiposentrumnya terletak antara 100 km sampai 300 km.
 - Gempa dangkal, jika kedalaman hiposentrumnya kurang dari 100 km.
4. Berdasarkan jarak episentrumnya, dibedakan dua macam gempa, yaitu:
 - a. Gempa dekat (lokal), jarak episentrumnya kurang dari 10.000 m.
 - b. Gempa jauh, jarak episentrumnya lebih dari 10.000 m.

c. Istilah-istilah yang Berkaitan dengan Gempa Bumi

1. Seismologi, adalah ilmu tentang gempa.
2. Hiposentrum, adalah pusat gempa di dalam bumi.
3. Episentrum, adalah tempat di permukaan bumi atau permukaan laut yang tepat di atas hiposentrum. Sering juga disebut pusat gempa di permukaan bumi.
4. Gelombang gempa ada tiga macam, yaitu:
 - a. Gelombang longitudinal (gelombang primer), yaitu gelombang gempa yang dirambatkan dari hiposentrum melalui lipatan litosfer secara menyebar dengan kecepatan antara 7 km sampai 14 km per detik. Gelombang inilah yang pertama kali tercatat pada suatu seismograf, karenanya disebut gelombang primer.
 - b. Gelombang transversal (gelombang sekunder), yaitu gelombang gempa yang dirambatkan dari hiposentrum ke segala arah dengan kecepatan 4 sampai 7 km per detik.
 - c. Gelombang panjang, yaitu gelombang gempa yang dirambatkan dengan kecepatan kurang dari 3,5 km/detik dan merupakan gelombang perusak.
5. Seismograf, adalah alat pencatat gempa. Seismograf terdiri dari dua jenis yaitu seismograf horizontal dan vertikal.
6. Seismogram, adalah hasil pencatatan gempa oleh seismograf.
7. Pleistoseista, yaitu garis pada peta yang membatasi daerah yang mengalami kerusakan terhebat di sekitar episentrum.
8. Homoseista, yaitu garis pada peta yang menghubungkan tempat-tempat yang mengalami/mencatat gelombang primer pada waktu yang sama.
9. Isoleista, yaitu garis yang menghubungkan titik-titik pada permukaan bumi di mana intensitas gempanya sama.
10. Makroseista, yaitu daerah di permukaan bumi yang mengalami kerusakan terberat akibat gempa. Makroseista dibatasi oleh pleistoseista.

**Gambar 7.7** Seismograf dan seismogram

2. Letusan Gunung Api

Bumi kita merupakan planet biru nan indah. Dengan segala sumber daya yang terkandungnya bumi kita mampu mendukung kehidupan manusia dan makhluk lainnya. Perlu kita sadari bahwa bumi kita dilahirkan melalui proses sejenis seperti yang bekerja pada planet lain. Proses kejadian tersebut, menyisakan sejumlah tenaga potensial yang sangat besar di dalam “perut” bumi.

Dalam waktu dan di tempat tertentu, tenaga potensial dari dalam bumi dapat berubah menjadi energi kinetik yang diwujudkan dalam bentuk ledakan (erupsi) gunung api atau gempa bumi. Jika ini terjadi dan manusia tidak siap, peristiwa ini dapat menjadi sumber bencana dan malapetaka yang sangat besar bagi umat manusia dan makhluk hidup lainnya.



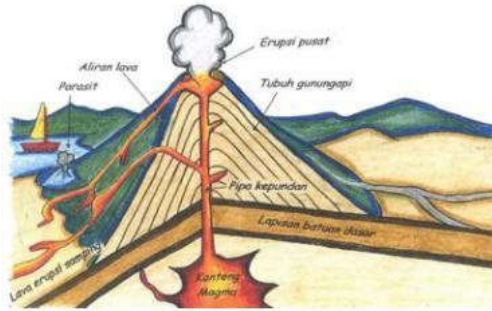
gambar 7.8 Letusan gunung api

Di Indonesia sejak tahun 1.000 telah tercatat lebih dari 1.000 letusan gunung api yang memakan korban manusia tidak kurang dari 175.000 jiwa. Letusan Gunung Tambora di Sumbawa pada tahun 1815 dan Gunung Krakatau di Selat Sunda pada Tahun 1883 telah menelan korban manusia sebanyak 126.000 jiwa.

a. Penyebab Terjadinya Gunung Api

Gunung api itu adalah tempat keluarnya magma ke permukaan bumi membentuk suatu kerucut raksasa. Di bagian atas gunung api terlihat seperti terpancung dan bila didatangi ke puncak biasanya terdapat sesuatu yang berbentuk kubah atau bukit atau sebuah lubang besar yang disebut kawah dan kadang-kadang kawah itu terisi air membentuk suatu danau.

Magma adalah suatu cairan pijar terdapat didalam lapisan kulit bumi dengan suhu yang tinggi (lebih dari 1000°C), mempunyai sifat fisika dan kimia tertentu yang terdiri dari unsur-unsur pembentuk batuan, bila mengalir ke permukaan disebut lava dan bila sudah membeku disebut batuan beku.

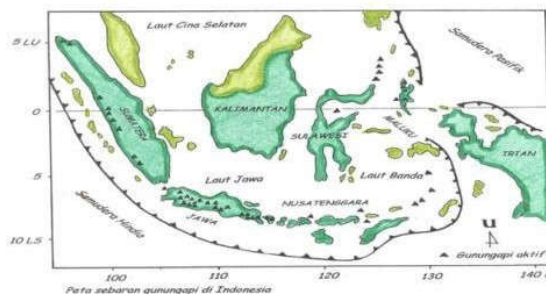


Gambar 7.9 Penampang Gunung api

Gunung api berbeda dengan gunung, bukit atau pegunungan. Pada daerah gunung api atau bekas gunung api akan terdapat perbedaan yang dicirikan oleh adanya mata air panas, adanya suatu kawah (lubang bekas letusan) dan adanya sumber-sumber uap sering berbau belerang adanya kerucut (bukit) atau kubah disekitar. Gunung api terdapat pada jalur jalur tertentu di muka bumi ini, yaitu :

1. Pada jalur punggung tengah samudera.
2. Pada Jalur pertemuan dua buah lempeng kerak bumi.
3. Pada titik-titik panas dimuka bumi tempat keluarnya magma di benua maupun di samudera.

Bumi kita itu bulat, jika kerak bumi bergerak di satu tempat, maka terjadi tumbukan pada satu tempat, namun di tempat lain kerak bumi saling menjauh.

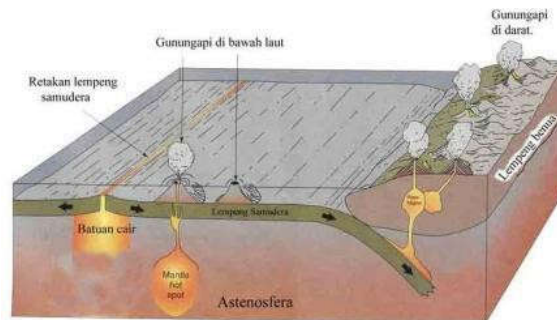


Gambar 7.10 Jalur gunung api di Indonesia

Indonesia terletak pada pertemuan 3 lempeng kerak bumi, yaitu : lempeng Eurasia, lempeng Indo-Australia dan lempeng Pasifik. Dengan letak yang demikian, Indonesia merupakan negara kepulauan dan terkenal sebagai negara yang mempunyai gunungapi terbanyak di dunia, terletak.

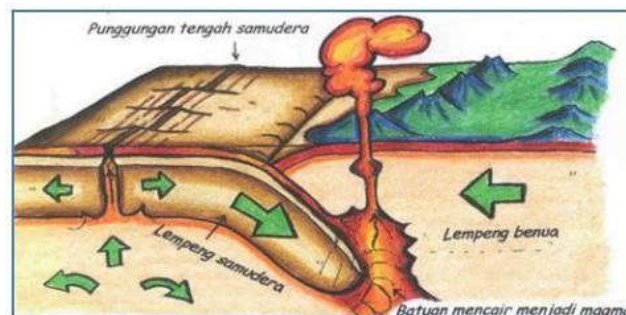
Tumbukan ketiga lempeng itu menimbulkan jalur gunungapi aktif yang memanjang 7000 km dari Aceh sampai Sulawesi Utara, melalui Bukit Barisan (30 buah), P. Jawa (35 buah), P. Bali - Kepulauan Nusa Tenggara (30 buah), Kepulauan Maluku (16 buah), dan Sulawesi (18 buah). Di sepanjang jalur tersebut terdapat hampir 13 % dari gunungapi dunia, yaitu terdapat 129 buah gunungapi yang dikategorikan aktif. Gunung api muncul pada jalur-jalur gunung api yaitu :

1. Terbentuk di daerah punggung tengah samudera tempat berpisahannya/mejanya lempeng kulit bumi yang pecah saling menjauhi antara lempeng yang satu dengan lainnya, terdorong oleh naiknya cairan magma ke permukaan bumi membentuk gunung berapi (di Islandia).



Gambar 7.11 Jalur-jalur gunung api

2. Terbentuk pada pertumbukan antara lempeng benua dengan lempeng samudera dan lempeng samudera dengan lempeng samudera. Di Indonesia terbentuk sebagian besar terjadi karena pertumbukan antara lempeng benua dengan lempeng samudera.
3. Terbentuk pada titik panas tempat keluarnya magma ke permukaan (di benua maupun samudera)



Gambar 7.12 Gunungapi hasil tumbukan lempeng samudra dengan lempeng benua

b. Penyebab Gunung Api Meletus

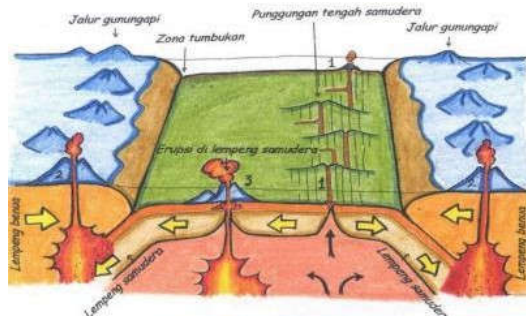
Letusan gunung api adalah salah satu pemandangan dramatis di bumi. Di bawah kerak bumi terdapat cairan merah panas yang disebut magma. Gunung berapi meletus bila tekanan di bawah tanah bertambah, sehingga memaksa magma naik dan keluar melalui retakan pada permukaan bumi.

Bentuk gunung api berlainan, tergantung pada bagaimana kerasnya gunung itu meletus dan jenis lava yang tertumpah. Lava yang tebal dan lengket membangun bentuk kerucut seperti gunung yang cepat dingin dan mengeras. Lava yang tipis dan basah mengalir lebih cepat sebelum menjadi dingin dan mengeras. Magma membentuk gunung berapi yang rendah, yang disebut gunung berapi pelindung. Gunung api di Indonesia terjadi sudah ribuan tahun yang lalu malahan ada yang

terjadi jutaan tahun lalu. Namun yang aktif hingga sekarang umumnya terbentuk dalam ratus ribuan tahun hingga ribuan tahun yang lalu.

Menurut wujudnya, material yang dikeluarkan oleh letusan gunung api, dapat dibedakan menjadi tiga macam, yaitu:

1. Wujud padat disebut eflata, terdiri dari:
 - ✓ Bomb, yaitu eflata yang berukuran besar.
 - ✓ Lapili, yaitu eflata dengan ukuran kecil seperti kerikil, besarnya kira-kira sebesar biji kemiri.



Gambar 7.13 Penampang lapisan kulit bumi, 1. Lokasi mekarnya kerak bumi, 2. Gunung api akibat tumbukan lempeng benua dan samudera 3. Titik panas tempat keluarnya.

- ✓ Pasir vulkanik, yakni eflata sebesar batuan pasir.
 - ✓ Abu vulkanik, yaitu aflata halus berupa debu yang dapat diterbangkan sampai beberapa kilometer jauhnya.
 - ✓ Batu apung, yaitu batuan porous (berongga) berasal dari buih magma yang terlontar keluar dan cepat membeku.
2. Wujud cair terdiri dari:
 - ✓ Lava, yaitu aliran magma yang sampai ke permukaan bumi dan suhunya sangat tinggi.
 - ✓ Lahar, yaitu lumpur panas yang merupakan campuran lava dengan air dan bercampur dengan materi-materi di permukaan bumi.
 3. Wujud gas

Salah satu faktor yang menentukan kuat-lemahnya letusan gunungapi adalah kekuatan tekanan gasnya. Gas yang dikeluarkan antara lain: gas belerang, gas nitrogen, gas asam arang, dan uap air.



Gambar 7.14 Aliran lava-pijar (kiri) dan aliran lahar (kanan)

c. Dampak Positif Erupsi Gunung Api

Sudah dijelaskan bahwa gunungapi membentuk suatu kerucut raksasa yang mempengaruhi keadaan cuaca dan iklim di sekitarnya. Oleh karena bentuknya yang menjulang tinggi, bagian atas gunung api biasanya menjadi tempat berkumpulnya awan sebagai bahan dasar terjadinya hujan. Material yang dikeluarkan gunung api mempunyai sifat fisik yang baik (gembur) dan mengandung mineral-kimiawi yang memberikan sifat tanah yang menguntungkan bagi kita.

Kombinasi yang baik antara iklim (hujan) dan tanah memberikan berkah tersendiri bagi lingkungan di sekitar gunungapi. Tanah yang subur dan air yang cukup merupakan sumber kehidupan bagi semua makhluk hidup yang ada di muka bumi ini. Bila air meresap dan mengalir didalam tanah bersentuhan dengan sumber panas dari magma, maka akan terbentuklah suatu sumber mata air panas yang keluar ke permukaan, bila tidak bersentuhan tetapakan meresap dan mengalir di bawah permukaan dan muncul kembali pada bagian tanah yang lebih rendah sebagai mata air.

Dengan banyaknya mata air di sekitar gunungapi dan lebatnya hutan dan tumbuh-tumbuhan lainnya akan membentuk suatu lingkungan yang segar indah dan menyejukan khas di sekitar gunung api. Di bagian dataran kita dapat berladang dan bertani, membentuk perkebunan dan pesawahan. Jika kita pergi ke daerah seperti itu, akan nampak pemandangan indah menghampar dan udara sejuk yang menyelimuti. Sungguh suatu karunia Alam yang tidak ada tandingannya.

Membicarakan keindahan dan keuntungan dengan adanya gunungapi. Jika kita rinci, maka kita dapat mengumpulkan sejumlah fakta menguntungkan dari keberadaan gunungapi ini, antara lain:

1. di sekitar gunung api akan terbentuk lahan/tanah yang subur
2. gunungapi merupakan daerah penangkapan dan pembentuk hujan yang baik (hujan orografis).
3. gunungapi merupakan daerah hutan lebat yang berfungsi sebagai tempat

reservoir air.

4. gunung api merupakan tempat objek wisata alam dengan keindahan alam yang memesona dan udara yang sejuk.
5. Terdapatnya bahan galian berharga dan gejala-gejala post vulkanik yang ditemui di suatu wilayah berupa:
 - Sumber air panas.
 - Ekshalasi (gas) yang terdiri dari mofet (gas karbondioksida), solfatar (gas belerang), dan fumarol (gas uap air).
 - Geyser.
 - Sumber air panas yang mengandung mineral.

Dengan demikian lingkungan gunung api ini merupakan modal dasar yang tidak ternilai harganya sebagai anugerah Tuhan Yang Maha Esa bagi manusia terutama bangsa Indonesia yang berada tinggal di sekitar gunungapi tersebut. Gunung api umumnya membentuk suatu daratan yang menjulang tinggi atau hanya sebuah pulau gunungapi. Di daerah itu mempunyai keadaan cuaca dan iklim yang sejuk dengan udara yang segar, merupakan tempat berkumpulnya awan, kemudian berubah menjadi hujan.

Bila di kaki gunungapi hutannya lebat dan tidak jauh terdapat mata air, maka daerah itu merupakan tempat berkumpulnya binatang. Tanah di sekitar gunungapi umumnya sangat subur, sehingga tumbuh-tumbuhan lebat membentuk hutan, dan pada ketinggian tertentu dapat dijadikan daerah perkebunan yang subur dengan hasil yang baik, pada bagian yang lebih rendah terdapat kebun dan pesawahan serta beberapa pemukiman dan perkampungan dan sebagian lebih rendah lagi terdapat pemukiman perkotaan yang padat penduduknya. Keadaan itu memperlihatkan suatu panorama yang indah, sejuk dan menyegarkan.

Hujan di sekitar gunungapi sering terjadi sehingga daerah itu selalu sejuk dan segar serta membuat tanahnya menjadi sangat subur banyak tetumbuhan membentuk hutan. Air mengalir di permukaan membentuk sungai dan sebagian meresap kedalam tanah kemudian muncul menjadi mataair dan akan mengalir kembali Air mengalir di permukaan membentuk sungai dan sebagian meresap kedalam tanah kemudian muncul menjadi mataair dan akan mengalir kembali menuju laut. Akibatnya, pada daerah itu mulai banyak kehidupan berupa perkampungan tradisional di sepanjang sungai itu.

Dalam keadaan tenang (saat tidak meletus) wilayah gunung api ini harus dimanfaatkan seoptimal mungkin untuk kesejahteraan manusia, dengan tetap

memperhatikan kaidah kelestarian lingkungan. Pemanfaatan yang adil, dalam arti kita memanfaatkan, namun dengan tetap memperhatikan kelestarian, keberadaan, dan keberlanjutan sumber daya alam merupakan satu bukti rasa syukur kita kepada Tuhan Yang Maha Kuasa.

Dengan keberadaan gunungapi, akan banyak sekali sumberdaya alam yang kita dapati di dalamnya. Sumberdaya alam itu antara lain berupa tanah subur yang ditumbuhi hutan alam, hasil hutan yang berlimpah, dan makhluk hidup, sebagai sumberdaya flora dan fauna. Sumber daya lain adalah air yang berlimpah yang dapat diubah menjadi energi listrik; sumberdaya alam bahan galian pada tubuh gunungapi, dan sumberdaya alam lainnya.

d. Pemanfaatan Sumber Daya Gunung Api

Kita melihat bahwa pemanfaatan sumberdaya gunungapi, baik secara langsung maupun tidak langsung telah dilakukan oleh penduduk di sekitar gunung api, pemerintah maupun swasta. Namun, pemanfaatan tersebut belum optimal dari segi besarnya pemanfaatan dan penataannya. Beberapa pemanfaatan sumber daya alam gunung api, antara lain:

1. Sumber daya bahan galian dan mineral

Selain tanahnya sangat subur, tentu bahan galian batuan dan mineral yang terdapat di dalamnya dapat dimanfaatkan untuk bahan bangunan dan industri, seperti bahan galian batu pasang untuk pondasi bangunan, batu apung, mineral kaolin, teras gunungapi, belerang dan bahan galian lainnya untuk keperluan industri.

2. Sumber daya panas bumi

Sumber daya panas bumi tentu akan terdapat di daerah gunungapi yang dapat dimanfaatkan langsung untuk keperluan wisata, atau sebagai pembangkit tenaga listrik.

3. Sumberdaya wisata gunung api

Sumberdaya alam lainnya yang tidak ternilai harganya adalah pemanfaatan keadaan alam gunungapi yang mempunyai panorama dan pemandangan yang indah merupakan modal dasar atau suatu komoditi yang dimiliki untuk dimanfaatkan dalam industri pariwisata atau untuk kepentingan lainnya. Potensi wisata ini, telah banyak manfaatkannya oleh penduduk sekitar gunungapi untuk menunjang hidup dan penghidupannya. Bahkan beberapa gunungapi telah dikelola baik oleh swasta dan pemerintah sebagai kawasan wisata.

e. Dampak Negatif Erupsi Gunung Api

Di samping hal-hal positif dengan adanya gunung api, dapat kita jumpai pula beberapa hal yang merugikan atau kurang baik bagi kehidupan manusia. Salah satunya adalah tingkat keasaman air yang tinggi karena kandungan belerang yang tinggi. Air dikatakan baik atau netral, jika derajat keasamannya 7; air bersifat asam jika derajat keasaman kurang dari 7; dan air dinyatakan sangat asam jika derajat keasaman kurang dari 3.

Air kawah yang asam mengalir dan bercampur dengan air sungai, maka air sungai tersebut tidak dapat dipergunakan untuk keperluan irigasi, minuman ternak, terlebih lagi untuk keperluan manusia.

Penduduk yang tinggal di sekitar gunungapi aktif sering mengalami gangguan kesehatan, seperti kerusakan gigi. Gigi para penduduk berwarna hitam dan lama kelamaan patah. Contohnya dapat ditemukan di sebagian besar penduduk yang tinggal Banyuwangi sepanjang sungai Banyupahit sampai ke Asembagus di kaki Gunung Ijen. Hal ini disebabkan mengkonsumsi air yang mengandung Fluor (F) sangat tinggi dan bila kekurangan Iodium (I) akan mengakibatkan penyakit gondok.

Bila gunung api itu meletus atau gunungapi dalam keadaan aktif tentu akan merusak semua yang ada disekitarnya. Besar kecilnya kerusakan itu tergantung dari jenis letusannya. Setiap gunungapi mempunyai sifat- sifat atau tipe letusan yang berbeda.

Banyak gunung api yang telah mengalami masa istirahat sangat lama (ratusan atau bahkan ribuan tahun). Sewaktu-waktu gunung api inidapat meletus dengan sangat kuat, sehingga menimbulkan bencana sangat besar dan luas. Beberapa contoh gunung api yang seperti ini,antara lain: Letusan G. Tambora 1815 dan G. Krakatau 1883.

Letusan gunung api yang mempunyai masa istirahat antara 30 -100 tahun menimbulkan bencana bersekala menengah, misalnya G. Galunggung (1982). Sementara itu, gunungapi yang pada saat ini sering meletus adalah G. Marapi di Sumatera Barat, G. Merapi di Yogyakarta-Jawa Tengah, G. Semeru di Jawa Timur dan G. Karangetang di Sangihe mempunyai derajat potensi bencana relatif kecil dan daerah yang rawan bencana terlokalisir.

Bencana dan bahaya letusan gunung api itu berpengaruh secara langsung dan tidak langsung serta dapat merusak bagi kehidupan. Bahaya langsung adalah bahaya yang diakibatkan oleh material yang dikeluarkan secara langsung oleh

gunung api itu, misalnya karena terlanda aliran lava, aliran awan panas, tertimpa lontaran batu (pijar), lahar letusan, gas beracun, hujan abu, dan hujan lumpur panas atau lahar letusan bagi gunungapi yang di kawahnya terisi air (danau kawah).

Daerah rawan bencana yang akan terlanda oleh pengaruh langsung ini mencakup daerah sekitar puncak (kawah) dan berkembang ke daerah lereng (lembah sungai) yang berhulu dari sekitar kawah, dengan jangkauan yang terlanda dapat mencapai lebih 10 km.

Lontaran abu gunung api pada saat letusan juga mengancam keselamatan penerbangan karena abu letusan itu mengganggu penglihatan dan merusak mesin pesawat. Sebaran dampak letusan gunung api ini akan sangat luas dari beberapa kilometer sampai ratusan kilometer serta tidak mengenal batas wilayah administrasi pemerintahan.

Dampak letusan gunung api, dapat pula berjangka panjang, seperti timbulnya berbagai jenis penyakit, (penyakit gondok dan pertumbuhan fisik terganggu atau cacat fisik, rusaknya gigi akibat air yang tercemari belerang dan unsur merusak dari kawah gunungapi).

Bahaya tidak langsung adalah diakibatkan oleh aliran lahar dan banjir karena bahan letusan yang tertimbun di lereng bagian atas cukup berpotensi dan terhanyutkan air hujan, sehingga melanda bagian hilir sungai dan daerah dataran di sekitarnya. Jangkauan bencana oleh lahar ini sangat jauh dapat mencapai muara (pantai) pada sungai yang berhulu dari sekitar kawah gunungapi yang baru meletus, serta jauhnya jangkauan lahar ini tergantung pula pada curah hujan yang terjadi.

Dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, kita berusaha untuk mengetahui bencana letusan gunung api, dalam memperkirakan waktu kejadian, menghitung besaran letusan dan sebaran dampaknya melalui berbagai teknik pemantauan, misalnya kegempaan, deformasi, geologi, geokimia dll. Akan tetapi sampai sekarang belum ada teknologi yang dapat mencegah terjadinya letusan.

Jika dirinci, pengaruh yang sifatnya merugikan akan adanya gunungapi meletus diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Letusan gunung api dengan berbagai material yang disemburkannya sangat berbahaya (dapat mengancam jiwa dan harta).
2. Bom, lapili dan pasir vulkanik dapat merusak bangunan rumah, jembatan,

ladang, dan sawah.

3. Abu vulkanik yang bertaburan di angkasa dapat mengganggu penerbangan, pemandangan menjadi gelap dan akhirnya dapat mempengaruhi tanaman pertanian dan perkebunan.
4. Aliran lava dan lahar yang panas dapat merusak apa saja yang dilaluinya.
5. Awan panas yang bergerak sangat cepat dapat membunuh penduduk serta hewan dan tumbuhan.
6. Gas racun (misalnya mofet) sewaktu-waktu mengancam penduduk yang tinggal atau berada di daerah sekitarnya.

f. Daerah-daerah Gunung Api di Dunia

Terdapat beberapa daerah gunung api di dunia, antara lain: Daerah retakan di Afrika Timur; Eslandia, Greenland, dan Hawaii; serta Daerah lipatan pegunungan muda. Daerah lipatan pegunungan muda, mencakup:

a. Sirkum Pasifik

Sirkum Pasifik merupakan pegunungan lipatan muda berusia tersier, mulai dari Kepulauan Aleut, Semenanjung Kamchatka, Kepulauan Jepang, Taiwan, Filipina, Sangir Talaud, Sulawesi Utara, Halmahera, Papua, Selandia Baru, menyeberang ke pegunungan Andes di Amerika Selatan, menyambung ke pegunungan di Amerika dengan Kepulauan Aleut tadi.

b. Sirkum Mediterania

Sirkum pegunungan muda Mediterania bermula di daerah sekitar Laut Mediterania, meliputi Pegunungan Atlas (Afrika Utara), Pegunungan Pirenea, Alpen, Karpatia, Anatolia Kaukasus, Himalaya, dan Arakan Yoma, lalu bersambung ke Busur Dalam dan Busur Luar yang terdapat di Indonesia.

Di Indonesia, Sirkum Pasifik dan Sirkum Mediterania melewati wilayah Pulau Enggano kemudian tenggelam di Samudera Hindia dan muncul lagi di Pulau Sawu, Pulau Roti, Pulau Timor, Pulau Barbar, Pulau Seram, dan berakhir di Pulau Buru.

4. Tsunami

a. Pengertian Tsunami

Peristiwa tsunami di Aceh merupakan bencana tsunami terbesar di sepanjang sejarah tragedi manusia yang menghancurkan bangunan, jalan dan fisik lain serta menimbulkan korban manusia hingga tewas dan hilang. Hampir setiap hari media massa baik dalam dan luar negeri memberitakan peristiwa besar dan bersejarah bagi tragedi kemanusiaan di Aceh dan Sumatera Utara ini.

Kata tsunami akhir-akhir ini semakin populer dan dikenal di masyarakat dan tampaknya tsunami telah menjadi kosakata baru yang kian akrab didengar dari berbagai media apalagi setelah terjadi bencana tsunami di Aceh. Banyak orang salah pengertian mengenai tsunami bahwa tsunami disebabkan oleh badai angin atau badai hujan yang deras atau bahkan badai ombak laut yang besar. Jadi, apa sebenarnya tsunami itu?

Secara estimologi (asal usul kata), istilah tsunami berasal dari bahasa Jepang yaitu *tsu* (pelabuhan) dan *nami* (gelombang). Tsunami adalah peristiwa datangnya gelombang laut yang tinggi dan besar ke daerah pinggir pantai setelah beberapa saat terjadi gempa bumi, letusan gunung berapi dan tanah longsor di dasar laut serta dampak meteorit. Istilah ini bermula diciptakan oleh para nelayan Jepang ketika mereka kembali ke pelabuhan untuk menemukan daerah sekitar pantai yang dihantam gelombang yang tinggi dan besar

b. Ciri-ciri Tsunami

Tsunami berbeda dengan badai angin atau badai hujan yang deras atau bahkan topan yang keras yang dapat menghancurkan rumah dan menimbulkan korban jiwa. Tsunami juga bukan gelombang ombak besar disertai angin keras dan kuat dari lautan.

Tsunami dapat dikenali dari beberapa ciri yang dimilikinya. Ciri-cirinya adalah sebagai berikut:

1. ketika terjadi gempa bumi, letusan gunung berapi dan tanah longsor di dasar laut serta dampak meteorit, air laut seketika berangsur surut atau naik secara mendadak dari garis pantai.
2. gelombang air laut bergerak dengan cepat.
3. memiliki gelombang pasang yang tinggi amplitudonya dan panjang. Dalam beberapa kasus amplitudo gelombang (beda tinggi antara titik bawah hingga tinggi dalam satu gelombang) dapat mencapai 50 meter. Sedangkan panjang gelombang mencapai ribuan kilometer. Kapal kapal di tengah laut tidak

merasakan adanya tsunami

4. gelombang tsunami bergerak dengan kecepatan mencapai 500 sampai 1000 km per jam, tergantung dengan kedalaman laut. Biasanya membawa material lumpur laut yang cukup banyak
5. Biasanya gelombang laut itu akan menghantam pantai atau pelabuhan terdekat dalam waktu 10 sampai 30 menit.
6. berpotensi besar menghantam pantai atau pelabuhan laut yang terdekat dengan sumber tsunami.
7. Gelombang tsunami biasanya berlapis-lapis. Setiap lapisan gelombang memiliki panjang gelombang sekitar 150 meter dan membutuhkan periode waktu sekitar 10 detik.

c. Proses Terjadi Tsunami

Ketika terjadi gempa bumi tektonik (akibat pergeseran lempeng bumi), letusan gunung berapi, longsor di dasar laut, benturan meteorit, atau proses deformasi vertikal dasar laut yang mengakibatkan perbedaan tinggi permukaan laut. Perbedaan tinggi muka laut ini memerlukan proses penyeimbangan. Proses untuk mencapai keseimbangan ini menimbulkan gelombang laut yang sangat tinggi (bisa mencapai 50 meter atau lebih) tergantung besarnya deformasi vertikal dasar laut. Panjang gelombangnya dapat mencapai ribuan kilometer dengan kecepatan gelombang bergerak mencapai 500 sampai 1000 km per jam. Biasanya gelombang laut itu akan menghantam pantai atau pelabuhan terdekat dalam waktu 10 sampai 30 menit setelah deformasi terjadi.

Gelombang tsunami ini bergerak dari dasar laut hingga permukaan laut, dan ikut membawa material dasar laut yang biasanya mengandung lumpur berwarna hitam pekat. Gelombang besar yang memiliki kekuatan sangat besar ini secara simultan dan bersamaan bergerak cepat menghantam pelabuhan atau pantai terdekat bahkan bisa lebih jauh tergantung kekuatan tsunami yang dimilikinya. Bahan dasar laut atau lumpur dari dasar laut ikut tersapu dan terdorong oleh gelombang tsunami menambah kekuatan tsunami, sehingga kerusakan yang ditimbulkan sangat besar.

d. Tempat-tempat Terjadinya Tsunami

Dalam sejarahnya, banyak sekali tempat yang dihantam tsunami; biasanya adalah tempat-tempat yang berdekatan dengan pantai. Misalnya pada tahun 1960 terjadi tsunami di Chili yang diakibatkan oleh gempa bumi berkekuatan 9,5 skala Richter. Pada tahun 1575 juga terjadi tsunami besar di daerah ini. Terakhir dan terbesar adalah yang terjadi di

Menurut sejarahnya peristiwa tsunami pertama kali dapat dicatat adalah ketika tahun 6100 sebelum Masehi terjadi di Lautan Atlantik Utara akibat dari pergeseran dasar laut, sehingga menimbulkan pergeseran tanah di dasar laut. Beberapa catatan sejarah tentang peristiwa tsunami adalah:

- ✓ Tahun 1650 - Terjadi letusan gunung berapi Santorini Pulau Yunani yang mengakibatkan tsunami 100 m sampai 150 m yang menghancurkan teluk utara pulau Kreta di Yunani.
- ✓ Tahun 1755 - Bencana tsunami terjadi di Lisbon Portugal yang didahului setengah jam sebelumnya oleh gempa bumi. Sekitar sepertiga penduduk Lisbon ketika itu menjadi korban keganasan tsunami.
- ✓ Tahun 1883 – Gunung Krakatau meletus yang memuntahkan lahar panas, sehingga mengakibatkan badai Tsunami besar. Diperkirakan tinggi tsunami mencapai 40 meter dari permukaan laut. Bencana ini mengakibatkan jatuhnya ribuan korban jiwa manusia dan musnahnya kehidupan hewan dan tumbuhan untuk jangka waktu lama. Korban jiwa yang tercatat akibat tsunami Krakatau ini diperkirakan mencapai 36.000 jiwa.
- ✓ Tahun 1960 – Tsunami Chili sebagai akibat gempa bumi berkekuatan 9,5 skala Richter. Tinggi gelombang tsunami mencapai 25 meter. Bencana Tsunami Chili ini merupakan salah satu bencana tsunami paling besar sepanjang abad 20.
- ✓ 1964 – Tsunami Alaska yang disebut sebagai tsunami Jumat Baik karena terjadi pada hari Jumat. Tsunami ini terjadi karena ada gempa bumi yang berkekuatan sekitar 9,2 skala Richter dan Tsunami ini memiliki tinggi gelombang setinggi enam meter.
- ✓ Kasus tsunami lain juga terjadi di Flores akibat gempa tektonik tahun 1993 dengan tinggi gelombang sekitar 25 meter. Tsunami akibat gempa di Flores telah mengakibatkan beberapa desa yang terletak di wilayah pantai hancur rata dengan tanah disapu gelombang laut yang naik ke daratan.
- ✓ Tahun 2004 -Tsunami Lautan India atau dikenal dengan Tsunami Aceh Indonesia. Kata Aceh diambil karena korban terbesar adalah wilayah Aceh. Bencana Tsunami Aceh ini ada juga yang menyebutnya Tsunami Hari Natal (Chrismast Tsunami) terjadi karena terjadi pada tanggal 26 Desember 2004, sehari setelah Hari Natal. Tsunami dimulai dengan

gempa bumi dengan kekuatan 9,0 skala Richter. Gelombang tsunami menghantam Indonesia, Malaysia, Thailand, India, Sri Lanka, Maldives, Somalia, Kenya dan Tanzania di timur Afrika. Jumlah korban jiwa yang diakibatkan tsunami ini berkisar 300 ribu jiwa.

- ✓ Setelah peristiwa tsunami di Aceh, pada tanggal 27 Juni 2006 juga terjadi tsunami di pantai Pangandaran dan Cilacap, dalam kejadian ini jumlah korban jiwa memang tidak terlalu banyak, namun kerusakan jalan, rumah, dan bangunan lain cukup parah.

e. Peringatan dan Pencegahan Tragedi Tsunami

Tsunami merupakan fenomena alam yang biasa terjadi namun hampir sedikit sekali dapat diprediksi terjadinya tsunami. Oleh karena itu, ketika tsunami terjadi akan banyak menimbulkan kerusakan dan korban jiwa. Namun demikian, untuk menghindari bahaya Tsunami dapat dilakukan dengan memberikan peringatan sedini mungkin pada orang-orang yang tinggal dan berada di sekitar pantai. Di beberapa pantai yang kerap terjadi tsunami seperti di pantai-pantai Jepang dan Amerika telah dipasang papan peringatan tentang terjadinya potensi tsunami.

Di beberapa tempat malah dipasang system alarm yang menghubungkan peralatan deteksi tsunami dari instansi berwenang memberikan peringatan. Di beberapa pantai di Jepang malah telah dibuat dinding beton penghalau agar dapat mengurangi laju tsunami, juga dibangun tempat-tempat pengungsian. Dengan cara-cara ini potensi kerusakan yang akan ditimbulkan oleh tsunami dapat dikurangi.

Cara lain adalah dengan menjaga kelestarian dan keutuhan pepohonan yang ada sekitar pantai. Bila lahan sekitar pantai sudah “tersapu habis” atau pepohonan sudah mulai berkurang maka perlu dilakukan reboisasi. Reboisasi dilakukan sepanjang garis pantai. Makin banyak pohon yang ada dan ditanam di sekitar pantai membuat laju tsunami makin berkurang dan terhambat, sehingga mengurangi kerusakan yang ditimbulkan tsunami.

Contoh Soal 7.1: apakah yang di maksud dengan benzana alam?

Jawab: bencana alam adalah konsekwensi dari kombinasi aktivitas alam (suatu peristiwa fisik, seperti letusan gunung, gempa bumi, tanah longsor) dan aktivitas manusia. Ketidakberdayaan manusia dan kurang baiknya manajemen darurat, dapat menyebabkan kerugian materil, maupun moril bahkan nyama. Tinggi rendahnya kerugian akibat bencana tergantung pada kemampuan manusia untuk mencegah dan menghindari bencana serta tergantung pada daya tahan tubuh manusia itu sendiri.

Contoh Soal 7.2: Bagaimana terjadinya proses gempa bumi?

Jawab: Gempa bumi terjadi pada tepi lempengan besar dari kerak bumi. Selama dua lempengan berdesak-desakan dan terjadi ketegangan posisi. Lempengan itu secara tiba-tiba terpeleset dan meluncur. Hal ini mengakibatkan tanah bergoyang

PENUGASAN KELAS

1. Bentuklah kelompok dan diskusikan mengapa bencana alam semakin lama semakin sering terjadi?
2. Apakah yang kamu lakukan jika bencana alam terjadi? Jelaskan?

RANGKUMAN

1. Bencana alam adalah konsekwensi dari kombinasi aktivitas alami (suatu peristiwa fisik, seperti letusan gunung, gempa bumi, tanah longsor) dan aktivitas manusia.
2. Di lihat dari penyebabnya, bencana alam dapat dibedakan menjadi bencana alam yang terjadi murni karena gejala alam atau bumi (gempa bumi, letusan gunungapi, dan tsunami) dan karena adacampur tangan manusia atau ada akselerasi (percepatan) oleh manusia (banjir, longsor, kekeringan, dan kebakaran hutan)
3. Gempa bumi adalah getaran yang terjadi permukaan bumi yang disebabkan adanya kekuatan dari dalam bumi.
4. Berdasarkan peristiwa yang menyebabkannya, gempa bumi digolongkan menjadi tiga jenis, yaitu gempa vulkanik, tektonik dan runtuh/terban.
5. Berdasarkan bentuk episentrumnya, ada dua macam gempa, yaitu gempa linier dan gempa sentral.

6. Berdasarkan letak/kedalaman hiposentrumnya, terdapat tiga macam gempa, yaitu Gempa dalam, Gempa intermidier (menengah), Gempa dangkal.
7. Berdasarkan jarak episentrumnya, dibedakan dua macam gempa, yaitu gempa dekat (lokal), dan gempa jauh, jarak episentrumnya lebih dari 10.000 m.
8. Gunung api itu adalah tempat keluarnya magma ke permukaan bumi membentuk suatu kerucut raksasa.
9. Gunung api terdapat pada jalur jalur tertentu dimuka bumi ini, yaitu : pada jalur punggung tengah samudera, pada Jalur pertemuan dua buah lempeng kerak bumi, dan pada titik-titik panas dimuka bumi tempat keluarnya magma di benua maupun di Samudera.
10. Beberapa pemanfaatan sumber daya alam gunungapi, antara lain: 1) sumber daya bahan galian dan mineral; 2) sumber daya panas bumi; 3) sumberdaya wisata gunungapi.
11. Tsunami adalah peristiwa datangnya gelombang laut yang tinggi dan besar ke daerah pinggir pantai setelah beberapa saat terjadi gempa bumi, letusan gunung berapi dan tanah longsor di dasar laut serta dampak meteorit.
12. Tsunami merupakan fenomena alam yang biasa terjadi namun hampir sedikit sekali dapat diprediksi terjadinya tsunami. Oleh karena itu, ketika tsunami terjadi akan banyak menimbulkan kerusakan dan korban jiwa. Namun demikian, untuk menghindari bahaya Tsunami dapat dilakukan dengan memberikan peringatan sedini mungkin pada orang-orang yang tinggal dan berada di sekitar pantai. Di beberapa pantai yang kerap terjadi tsunami seperti di pantai-pantai Jepang dan Amerika telah dipasang papan peringatan tentang terjadinya potensi tsunami.
13. Tsunami merupakan fenomena alam yang biasa terjadi namun hampir sedikit sekali dapat diprediksi terjadinya tsunami. Oleh karena itu, ketika tsunami terjadi akan banyak menimbulkan kerusakan dan korban jiwa. Namun demikian, untuk menghindari bahaya Tsunami dapat dilakukan dengan memberikan peringatan sedini mungkin pada orang-orang yang tinggal dan berada di sekitar pantai. Di beberapa pantai yang kerap terjadi tsunami seperti di pantai-pantai Jepang dan Amerika telah dipasang papan peringatan tentang terjadinya potensi tsunami.

TUGAS FORMATIF 1

1. Jelaskan istilah yang berkaitan dengan gempa bumi?
2. Jelaskan apa yang dimaksud dengan gempa tektonik?
3. Jelaskan 3 gelombang pada gempa bumi?
4. Jelaskan gempa bumi berdasarkan bentuk episentrumnya?
5. Bagaimana proses terjadinya gempa bumi

KUNCI JAWABAN

1. Istilah yang berkaitan dengan gempa bumi
 - a. Seismologi, adalah ilmu tentang gempa.
 - b. Hiposentrum, adalah pusat gempa di dalam bumi.
 - c. Episentrum, adalah tempat di permukaan bumi atau permukaan laut yang tepat di atas hiposentrum. Sering juga disebut “pusat gempa” di permukaan bumi.
 - d. Gelombang
 - e. Seismologi, adalah ilmu tentang gempa.
 - f. Hiposentrum, adalah pusat gempa di dalam bumi
 - g. Episentrum, adalah tempat di permukaan bumi atau permukaan laut yang tepat di atas hiposentrum. Sering juga disebut “pusat gempa” di permukaan bumi
 - h. Seismograf, adalah alat pencatat gempa. Seismograf terdiri dari dua jenis yaitu seismograf horizontal dan vertikal.
 - i. Seismogram, adalah hasil pencatatan gempa oleh seismograf.
 - j. Pleistoseista, yaitu garis pada peta yang membatasi daerah yang mengalami kerusakan terhebat di sekitar episentrum.
 - k. Homoseista, yaitu garis pada peta yang menghubungkan tempat-tempat yang mengalami/mencatat gelombang primer pada waktu yang sama.
 - l. soseistaa yaitu garis yang menghubungkan titik-titik pada permukaan bumi di mana intensitas gempanya sama.
 - m. Makroseista, yaitu daerah di permukaan bumi yang mengalami kerusakan terberat akibat gempa. Makroseista dibatasi oleh pleistoseista.
2. Gelombang gempa ada tiga macam, yaitu:
 - a. Gelombang longitudinal (gelombang primer), yaitu gelombang gempa yang dirambatkan dari hiposentrum melalui lipatan litosfer secara menyebar dengan

kecepatan antara 7 km sampai 14 km per detik. Gelombang inilah yang pertama kali tercatat pada suatu seismograf, karenanya disebut “gelombang primer”.

- b. Gelombang transversal (gelombang sekunder), yaitu gelombang gempa yang dirambatkan dari hiposentrum ke segala arah dengan kecepatan 4 sampai 7 km per detik.
 - c. Gelombang panjang, yaitu gelombang gempa yang dirambatkan dengan kecepatan kurang dari 3,5 km/detik dan merupakan gelombang perusak. Gempa tektonik adalah adalah gempa yang terjadi karena pelepasan tenaga akibat pergeseran sesar atau kekenyalan elastis pada daerah tumbukan lempeng samudera dengan lempeng benua. Dengan kata lain, gempa tektonik adalah gempa yang disebabkan gerakan tektonik berupa retakan atau patahan. Jenis gempa ini merupakan jenis gempa yang sering terjadi di Indonesia.
3. pergeseran sesar atau kekenyalan elastis pada daerah tumbukan lempeng samudera dengan lempeng benua. Dengan kata lain, gempa tektonik adalah gempa yang disebabkan gerakan tektonik berupa retakan atau patahan. Jenis gempa ini merupakan jenis gempa yang sering terjadi di Indonesia.
 4. Berdasarkan bentuk episentrumnya, ada dua macam gempa, yaitu:
 - a. Gempa linier, adalah gempa yang episentrumnya berbentuk garis (linier). Gempa-gempa tektonik umumnya termasuk jenis gempa linier, sebab “patahan” sudah tentu merupakan suatu garis.
 - b. Gempa sentral, adalah gempa yang episentrumnya berbentuk titik. Gempa vulkanik dan gempa runtuh termasuk kelompok ini karena episentrumnya berupa titik.
 5. Gempa bumi terjadi pada tepi lempengan besar dari kerak bumi. Selama dua lempengan berdesak-desakan dan terjadi ketegangan posisi. Lempengan itu secara tiba-tiba terpeleset dan meluncur. Hal ini mengakibatkan tanah bergoyang

Lembar Kerja Praktek 1

Kegiatan Pembelajaran 2: Bencana Alam Alam Akibat Kegiatan Manusia

KEMAMPUAN AKHIR YANG DIHARAPKAN

1. Mahasiswa mampu mengatasi bencana
2. Mahasiswa mengetahui bagaimana cara menjaga lingkungan supaya tidak terjadi bencana

URAIAN MATERI

A. Banjir

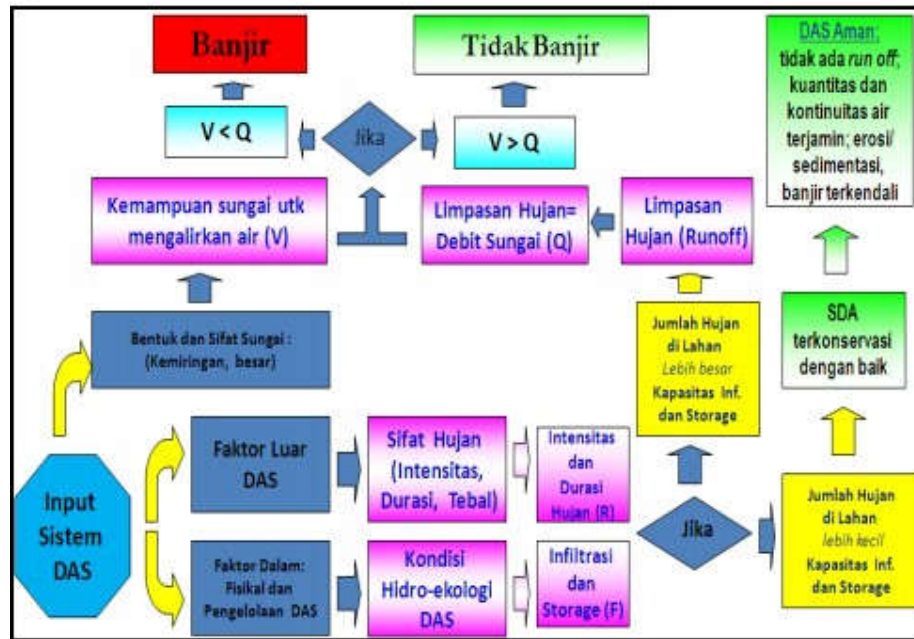
1. Pengertian Banjir dan Proses Banjir

Banjir adalah peristiwa terjadinya genangan pada daerah yang biasanya kering. Banjir merupakan kejadian hidrologis yang dicirikan dengan debit dan/atau muka air yang tinggi dan dapat menyebabkan penggenangan pada lahan di sekitar sungai, danau, atau sistem air (water body) lainnya.

Banjir biasanya terjadi karena sungai atau saluran tidak mampu mengalirkan sejumlah air hujan yang mengalir di atas permukaan (surface run off). Aliran permukaan dari semua arah dan dari semua tempat menuju buangan alami dalam bentuk sungai atau saluran.

Aliran permukaan dari segenap lokasi dalam kawasan DAS (Daerah Aliran Sungai) akan mengalir ke sungai. Pertambahan aliran permukaan sama artinya menambah beban sungai. Padahal suatu sungai mempunyai kapasitas tampung atau kemampuan mengalirkan air dalam jumlah (debit) tertentu. Pada saat batas maksimum kemampuan sungai mengalirkan air terlampaui, maka sungai akan meluap dan terjadilah banjir.

Di samping air, aliran permukaan juga membawa material hasil erosi yang bergerak bersama aliran permukaan dan akan terendapkan pada wilayah yang relatif datar. Oleh karena itu, pada badan sungai di daerah landai, seringkali dijumpai bar, yaitu suatu daratan di tengah atau pinggir sungai yang terbentuk akibat pengendapan (sedimentasi) material yang terbawa arus sungai. Sedimentasi mengakibatkan badan sungai jadi sempit, dangkal, lebih landai, dan mengurangi kecepatan aliran atau sedimentasi akan menurunkan kapasitas sungai.



Gambar 7.15 Proses terjadinya banjir

Ketidakmampuan sungai atau saluran untuk mengalirkan air dapat disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain:

1. Aliran air terlampaui banyak
2. Bentuk dan ukuran saluran yang tidak memadai untuk mengalirkan air, misalnya sungai berkelok, dimensinya dangkal dan sempit,
3. Kemiringan saluran landai atau bahkan ada saluran yang bagian hilirnya lebih tinggi daripada daerah hulunya
4. Hambatan aliran, seperti disebabkan oleh sampah dan pertumbuhan vegetasi di sungai dan saluran yang tidak terkendali

Faktor-faktor tersebut tidak berdiri sendiri, satu faktor terkait dengan factor lainnya. Aliran air yang terlampaui banyak, misalnya, dapat diakibatkan oleh hujan yang deras (intensitas hujan tinggi) dalam waktu yang lama, daya resap tanah yang kecil, kerapatan vegetasi (tumbuh-tumbuhan), lahan yang curam, dan lain-lain. Banjir juga dapat berkaitan dengan peristiwa kegagalan bendung atau tanggul, gempa bumi, tanah longsor, air pasang tinggi, ketidaksempurnaan pengoperasian dan pengendalian ssstem air.

Dipihak lain, manusia tumbuh dan berkembang dari tahun ke tahun. Perkembangan penduduk ini akan berkaitan dengan pemenuhan kebutuhan dasar manusia, seperti: sandang (pakaian), pangan (makanan dan minuman), dan papan (perumahan). Upaya pemenuhan kebutuhan primer manusia ini akan berdampak pada perubahan fungsi lahan. Perubahan fungsi ini, umumnya cenderung tidak memperhatikan kondisi dan kaidah lingkungan.

Lahan dengan berbagai macam penggunaan dan sifatnya, mampu menampung dan meresapkan air hujan. Hutan, perkebunan, lahan pertanian yang baik, sawah, danau dan kolam merupakan macam penggunaan lahan yang sangat baik untuk mengendalikan limpasan hujan. Namun akibat kebutuhan manusia, semua macam penggunaan lahan tersebut cenderung mengalami pengurangan luas akibat konversi (perubahan penggunaan lahan).

Begitu luas, lahan hutan yang menjadi lahan kritis akibat konversi menjadi pertanian tanpa mengindahkan kelestarian lingkungan. Begitu banyak lahan sawah, danau dan kolam yang berubah menjadi lahan pemukiman. Demikian pula, berapa ribu bahkan juta hektar lahan pertanian produktif berubah menjadi lahan pertanian kritis, lahan pemukiman, dan lahan industri.

Dalam kurun waktu 7 tahun, antara tahun 1994 sampai dengan tahun 2001, di Jawa Barat terdapat pengurangan luas hutan primer sekitar 106.851 Ha; hutan sekunder 130.589 Ha, dan sawah 165.903 ha. Perubahan penggunaan lahan ini mempengaruhi kemampuan lahan untuk menampung dan meresapkan air, sehingga menimbulkan penambahan aliran permukaan.



Gambar 7.16 Longsor tebing dan hasil sedimentasi

2. Macan dan Faktor Penyebab Banjir

Banjir dapat diklasifikasikan berdasarkan langsung atau tidak langsungnya peran manusia:

1. Banjir yang disebabkan oleh peran manusia secara tidak langsung
2. Banjir yang disebabkan oleh peran manusia secara langsung

a Banjir Yang Disebabkan Oleh Peran Manusia Secara Tidak Langsung Dalam kategori ini, banjir dipandang sebagai peristiwa alam yang terjadi karena kehendak alam. Secara selintas tidak nampak peran manusia secara langsung. Beberapa penyebab banjir yang termasuk kategori ini antara lain:

1. Curah hujan tinggi yang menyebabkan debit air sungai lebih besar dari kapasitas alur sungainya, sehingga timbul limpasan/genangan pada daerah dataran banjir.
2. Aliran pada anak sungai tertahan oleh aliran pada sungai induknya.
3. Terjadinya debit puncak banjir pada sungai induk dan anak sungai pada pertemuan sungai-sungai tersebut pada saat yang bersamaan.
4. Terjadinya pembendungan pada muara sungai akibat air pasang laut.
5. Terjadinya penyempitan pada alur sungai sehingga menimbulkan pembendungan muka air sungai.
6. Terdapat hambatan-hambatan terhadap aliran sungai yang disebabkan oleh faktor penampang alur sungainya yaitu antara lain berupa meander, muara anak sungai pada sungai induknya yang tidak satu arah aliran (Stream Line) dan sebagainya.
7. Kemiringan sungai yang sangat landai sehingga kapasitas, pengaliran alur sungai maupun daya angkut sungai terhadap sedimen relatif kecil, kondisi terakhir ini dapat menimbulkan proses aggradasi dasar sungai.

Dari tujuh faktor yang disebutkan di atas, tampak bahwa seolah manusia tidak terkait dengan peristiwa-peristiwa tersebut. Padahal tidak demikian, selain faktor hujan yang memang benar-benar alamiah, faktor lain terjadi karena ada campur tangan manusia, walaupun secara tidak langsung. Sebut peristiwa berikut:

1. Debit puncak yang besar pada sungai induk maupun anak sungainya. Ini bisa dikendalikan dengan penatagunaan lahan yang baik. Jika tataguna lahan baik, luas hutan proporsional (sekitar 40 % dari luas DAS), serta jenis dan karapatan vegetasi memadai, maka debit puncak bisa diturunkan/dikendalikan, sehingga aliran sungai yang tinggi pada saat yang bersamaan dapat dikendalikan.
2. Pembendungan di muara, penyempitan saluran, hambatan aliran dan pengurangan kelandaian sungai, sangat berkaitan dengan proses sedimentasi (pengendapan). Sumber bahan endapan adalah tanah/lahan yang terdegradasi (erosi dan longsor). Dalam erosi, alam telah

memberikan batas toleransi besarnya yang masih dapat dibiarkan (antara 2-10 ton/tahun). Namun kembali karena ulah manusia, erosi menjadi sangat jauh lebih besar daripada erosi yang masih dibiarkan.

Demikian pula dengan peristiwa longsor; lahan mempunyai daya tahan tersendiri terhadap proses longsor. Jenis batuan dan vegetasi secara alamiah merupakan faktor pengendali longsor. Namun, manusia telah banyak mengubah semua itu, sehingga lahan yang semula stabil berubah menjadi lahan dengan potensi longsor tinggi. Baik erosi maupun longsor yang dipercepat oleh perilaku manusia, memberikan andil besar terhadap penghambatan, penyempitan dan pendangkalan saluran.

b. Banjir Yang Disebabkan Oleh Peran Manusia Secara Langsung

Beberapa peran perilaku manusia yang berdampak terhadap peristiwa banjir secara langsung, antara lain:

1. Tumbuhnya daerah-daerah pemukiman dan kegiatan baru di daerah dataran banjir.
2. Alur-alur sungai semakin menyempit disebabkan oleh adanya pemukiman sepanjang pinggir alur sungai.
3. Terjadinya proses aggradasi dasar sungai, yang disebabkan karena terjadi perubahan keseimbangan antara daya angkut sungai terhadap sedimen dan besarnya angkutan sedimen tersebut.
4. Debit sungai untuk periode ulang tertentu menjadi lebih besar yang pada umumnya disebabkan oleh perubahan tata guna tanah, baik yang berada di hulu sungai maupun di daerah hulu sungai.
5. Pengembangan yang ditimbulkan oleh pembuatan bangunan-bangunan sepanjang sungai terutama pada kondisi banjir. Bangunan itu antara lain: kincir-kincir air, jembatan, dan sebagainya.
6. Pemeliharaan alur sungai dan bangunan-bangunannya kurang memadai sehingga alur sungai serta bangunan-bangunan pengendali banjir tidak berfungsi dengan baik.
7. Belum ada pengaturan penggunaan lahan bantaran sungai maupun daratan banjir yang setiap saat bisa timbul di daerah tersebut
8. Terbatasnya usaha yang dapat dilakukan untuk mengendalikan banjir.

Berdasarkan kejadiannya, banjir terdiri dari dua jenis yaitu :

1. banjir biasa, yakni di mana permukaan air secara perlahan naik,
2. banjir bandang, yakni banjir yang datang secara cepat menyapu sebuah area. Dibanding banjir biasa, banjir bandang lebih berbahaya, karena datangnya tiba-tiba dengan kecepatan tinggi dan dapat menghancurkan. Banjir bandang dapat disebabkan hujan sangat deras yang terjadi di hulu sungai, atau danau/ bendungan jebol.

3. Dampak Banjir

Kejadian banjir umumnya memberikan dampak negatif lebih tinggi dibandingkan dengan dampak positif. Dampak negatif terjadi pada saat kejadian banjir pada setelah (pasca) banjir, sedangkan dampak positif bersifat jangka panjang setelah kejadian banjir. Berikut ini akan kita sebut objek-objek yang hampir selalu terkena dampak negatif banjir yang diakibatkan oleh daya hancur, daya angkut, dan daya kikis air banjir:

1. Sawah, lahan pertanian lain, bangunan dan pemukiman hancur karena genangan, kikisan, dan terseret arus
2. Bangunan rumah dan pemukiman hancur dan terseret arus
3. Jembatan runtuh karena pondasinya terkikis air atau hancur terseret arus air
4. Jalan rusak karena kikisan air
5. Longsor tebing sungai akibat terpaan dan kikisan air sungai
6. Bangunan air, jebol atau rusak karena kekuatan arus sungai

Kerugian fisik cenderung lebih besar bila letak bangunan di lembah-lembah pegunungan dibanding pada dataran rendah terbuka. Pada lahan pertanian, banjir memberi manfaat sekaligus masalah. Bila banjir mengakibatkan pengikisan terhadap lapisan bunga tanah (humus), atau lahan terlanda air garam (air salin), maka bertahun-tahun petani tidak akan bisa mengolah lahan untuk bercocok tanam. Di wilayah pesisir, kerusakan besar dapat terjadi akibat banjir. Di wilayah ini selain dari luapan sungai, banjir juga dapat terjadi karena badai yang mengangkat gelombang-gelombang air laut. Jika banjir gelombang pasang terjadi, maka kerusakan akan terjadi pada saat gelombang datang dan pada saat gelombang itu kembali ke laut. Para nelayan akan mengalami kerugian besar, akibat peralatan dan piranti hilang atau rusak. Jangan heran bila pasokan pangan dari laut terhenti atau merosot pada saat dan setelah peristiwa ini.

Di sisi lain, banjir bisa menguntungkan karena:

1. Banjir bisa menggelontor bahan-bahan pencemar air yang mengendap menyumbat saluran air.
2. Banjir bisa menjaga kelembaban tanah dan mengembalikan kelembaban tanah tandus/kering,
3. Banjir bisa menambah cadangan air tanah
4. Banjir bisa menjaga lingkungan hayati (ekosistem) sungai dengan cara menyediakan tempat bersarang, berbiak dan makan bagi ikan, burung dan binatang-binatang liar.
5. Pengendapan lumpur banjir dalam jangka panjang dapat meningkat kesuburan tanah.

4. Penanggulangan Akibat Banjir

Penanggulangan pada saat dan setelah (pasca) banjir adalah fase yang cukup menentukan bagi keberlanjutan penanggulangan dan pencegahan kerusakan/kerugian akibat bencana banjir. Pengalaman membuktikan bahwa jika penanggulangan dan pencegahan kerusakan/kerugian akibat bencana banjir dilakukan dengan baik, akan menjadi modal untuk mengurangi risiko dan dampak bencana pada waktu yang akan datang.

Kejadian yang masih membekas pada masyarakat yang terkena bencana, akan mengantarkan komunitas rentan bahaya, lebih peduli menghadapi risiko bencana. Kepedulian ini, dapat kita wujudkan dalam bentuk membangun kesiapsiagaan dalam tingkat komunitas, misalnya dengan memetakan sumber-sumber ancaman, memetakan kawasan rawan, dan memetakan komunitas rentan.

Terdapat beberapa upaya yang dapat dilakukan pada saat terjadi banjir dan pasca banjir. Pada saat banjir, upaya yang dapat kita lakukan adalah:

1. Mengevakuasi korban dari wilayah bahaya ke wilayah aman
2. Menyediakan sarana dan prasarana pengungsian yang aman, dan layak tinggal (terlindung dari cuaca, berventilasi udara, serta dapat menjaga privasi).
3. Mempersiapkan sumber daya manusia (SDM) peralatan dan logistik dalam menanggulangi bencana banjir.
4. Menyediakan air bersih sebagai faktor penentu kesehatan pengungsi. Kebutuhan pokok, air bersih mutlak diperlukan.
5. Menyediakan makanan adalah upaya yang tidak bisa ditunda. Setiap makhluk hidup butuh suplemen untuk bisa bertahan hidup atau tetap sehat. Yang terpenting dari makanan adalah kecukupan gizi. Paling tidak, setiap orang harus terpenuhi 2.100

kalori perhari.

6. Penyediaan jamban umum. Jamban sangat perlu disediakan dengan jumlah yang cukup (1 jamban untuk 20 jiwa). Lokasi jamban harus accessible (mudah dijangkau) untuk seluruh kalangan (anak-anak, perempuan, orang tua). Jarak jamban tidak terlalu dekat dengan pemukiman dan tidak pula terlalu jauh (kurang lebih 20 meter).
7. Menyediakan obat-obatan. Obat-obatan harus tersedia sesuai dengan kebutuhan. Dalam bencana banjir, penyakit yang umum diderita warga adalah diare, ISPA, penyakit kulit, flu/influenza dan campak. Perlu disiapkan ruang isolasi, jika terindikasi pengungsi mengidap penyakit menular dan segera di bawa ke rumah sakit rujukan.

Setelah banjir berlalu kita perlu melakukan beberapa upaya persiapan yang diharapkan mampu meminimalisir kerugian akibat banjir apabila banjir serupa terjadi. Upaya-upaya tersebut antara lain:

- a. Pemerintah melalui Bakornas, Satkorlak atau Satlak bekerja maksimal memperbaiki sistem penanganan bencana secara menyeluruh, mulai dari perangkat kebijakan/aturan, sumber daya manusia, peralatan, maupun keterlibatan masyarakat
- b. Membangun sistem informasi kebencanaan yang mudah diakses dalam rangka memberikan informasi yang benar tentang bencana (banjir) kepada masyarakat
- c. Mempersiapkan semua kebutuhan dasar korban banjir
- d. Memperbaiki sistem penanganan (pada saat terjadi banjir) dan pada fase pemulihan. Menjalin kesepahaman dan kebersamaan dalam penanggulangan bencana antar berbagai pihak; masyarakat terkena bencana, warga berkepentingan, pemerintah, dan lembaga-lembaga kemanusiaan

B. Kekeringan

1. Pengertian Kekeringan

Kekeringan merupakan salah satu jenis bencana alam yang tidak bisa dielakan dan secara perlahan, berlangsung lama, hingga musim hujan tiba. Kekeringan berdampak sangat luas dan bersifat lintas sektoral (ekonomi, sosial, kesehatan, pendidikan, dan lain-lain).

Secara umum pengertian kekeringan adalah kondisi ketersediaan air yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan kebutuhan, baik untuk kebutuhan hidup, pertanian, kegiatan ekonomi dan lingkungan. Dengan kata lain, kekeringan adalah kurangnya air bagi kehidupan manusia dan makhluk hidup

lainnya pada suatu wilayah yang biasanya tidak kekurangan air.

Kekeringan merupakan salah satu fenomena yang terjadi sebagai dampak sirkulasi musiman ataupun penyimpangan iklim global seperti El Nino dan Osilasi Selatan. Dewasa ini bencana kekeringan semakin sering terjadi bukan saja pada episode tahun-tahun El Nino, tetapi juga pada periode tahun dalam kondisi iklim normal.

2. Proses dan Macam Kekeringan

Proses terjadinya kekeringan diawali dengan berkurangnya jumlah curah hujan atau curah hujan jatuh di bawah normal pada satu musim tertentu. Kejadian ini lazim disebut dengan kekeringan meteorologis sebagai tanda awal akan terjadinya kekeringan. Setelah kekeringan meteorologis terjadi, proses/tahapan kekeringan selanjutnya: adalah kekeringan pertanian, yaitu berkurangnya air tanah yang menyebabkan terjadinya stress pada tanaman. Jika kekeringan sudah sampai pada kondisi kekurangan pasokan air permukaan dan air tanah yang ditandai menurunnya tinggi muka air sungai ataupun danau, maka kekeringan hidrologis telah tercapai. Berikut ini akan kita bahas mengenai macam atau tahapan kekeringan.

a. Kekeringan Meteorologis

Kekeringan ini berkaitan dengan besaran curah hujan yang terjadi berada di bawah kondisi normal pada suatu musim. Perhitungan tingkat kekeringan meteorologis merupakan indikasi pertama terjadinya kondisi kekeringan. Intensitas kekeringan berdasarkan definisi meteorologis adalah sebagai berikut;

1. Kering: apabila curah hujan antara 70% - 85% dari kondisi normal (curah hujan di bawah normal).
2. Sangat kering: apabila curah hujan antara 50% - 70% dari kondisi normal (curah hujan jauh di bawah normal).
3. Amat sangat kering: apabila curah hujan $< 50\%$ dari kondisi normal (curah hujan amat jauh di bawah normal).

b. Kekeringan Pertanian

Kekeringan ini berhubungan dengan berkurangnya kandungan air dalam tanah (lengas tanah) sehingga tidak mampu lagi memenuhi kebutuhan air bagi tanaman pada suatu periode tertentu. Kekeringan pertanian ini terjadi setelah terjadinya gejala kekeringan meteorologis. Intensitas kekeringan berdasarkan definisi pertanian adalah sebagai berikut :

1. Kering: apabila $\frac{1}{4}$ daun kering dimulai pada bagian ujung daun (terkena ringan s/d sedang).
2. Sangat kering: apabila $\frac{1}{4}$ - $\frac{2}{3}$ daun kering dimulai pada bagian ujung daun (terkena berat).
3. Amat sangat kering: apabila seluruh daun kering (terkena puso).

c. Kekeringan Hidrologis

Kekeringan hidrologis terjadi karena berkurangnya pasokan air permukaan dan air tanah. Kekeringan hidrologis diukur dari ketinggian muka air sungai, waduk, danau dan air tanah. Terdapat jarak waktu antara berkurangnya curah hujan dengan berkurangnya ketinggian muka air sungai, danau dan air tanah, sehingga kekeringan hidrologis bukan merupakan gejala awal terjadinya kekeringan. Intensitas kekeringan berdasarkan definisi hidrosebagai berikut:

1. Kering: apabila debit air sungai mencapai periode ulang aliran dibawah periode 5 tahunan.
2. Sangat kering: apabila debit air sungai mencapai periode ulang aliran jauh dibawah periode 25 tahunan.
3. Amat sangat kering: apabila debit air sungai mencapai periode ulang aliran amat jauh dibawah periode 50 tahunan.

d. Kekeringan Sosial Ekonomi

Kekeringan ini terjadi berhubungan dengan berkurangnya pasokan komoditi yang bernilai ekonomi dari kebutuhan normal sebagai akibat dari terjadinya kekeringan meteorologis, pertanian dan hidrologis.

Kekeringan menyangkut neraca air antara inflow dan outflow atau antara presipitasi dan evapotranspirasi. Kekeringan tidak hanya dilihat sebagai fenomena fisik cuaca saja tetapi hendaknya juga kita lihat sebagai fenomena alam yang terkait erat dengan tingkat kebutuhan masyarakat terhadap air.

Kekeringan dapat menimbulkan dampak yang amat luas, kompleks, dan rentang waktu yang panjang setelah berakhirnya. Dampak yang luas dan berlangsung lama tersebut disebabkan karena air merupakan kebutuhan pokok dan vital seluruh makhluk hidup yang tidak dapat digantikan dengan sumberdaya lainnya. Dari segi sosial, bencana kekeringan dapat menimbulkan perpecahan dan konflik yang meluas yang meliputi konflik antar pengguna air; dan antara pengguna air dengan pemerintah.

Datangnya bencana kekeringan belum dapat diperkirakan secara teliti, namun secara umum berdasarkan statistik, terlihat adanya fenomena

terjadinya kekeringan kurang lebih setiap empat atau lima tahun sekali.

C. LONGSOR

1. Pengertian dan Proses Longsor

Tanah longsor atau gerakan tanah adalah proses perpindahan massa tanah secara alami dari tempat yang tinggi ke tempat rendah. Pergerakan tanah ini terjadi karena perubahan keseimbangan daya dukung tanah, dan akan berhenti setelah mencapai keseimbangan baru. Tanah longsor terjadi jika tanah sudah tidak mampu mendukung berat lapisan tanah di atasnya. Ini terjadi karena ada penambahan beban pada permukaan lereng, berkurangnya daya ikat antar butiran tanah dan atau perubahan lereng menjadi lebih terjal. Faktor pemicu utama kelongsoran tanah adalah air hujan.

Tanah longsor banyak terjadi pada daerah perbukitan. Ciri-cirinya, lereng lebih dari 30 derajat, curah hujan tinggi, terdapat lapisan tebal (lebih dari dua meter) yang menumpang di atas tanah atau batuan yang lebih keras. Selain itu, tanah lereng terbuka yang dimanfaatkan sebagai permukiman, ladang, sawah, atau kolam sehingga air hujan leluasa menggerus tanah dan masuk ke dalam tanah. Jenis tanaman di permukaan lereng kebanyakan berakar serabut yang hanya bisa mengikat tanah tidak terlalu dalam sehingga tidak mampu menahan gerakan tanah.

Daerah yang memiliki ciri-ciri tersebut dapat disebut sebagai daerah rawan longsor. Jika suatu daerah termasuk dalam kategori ini, maka kejadian tanah longsor sering diawali dengan kejadian hujan lebat terus menerus selama lima hari atau lebih atau hujan tidak lebat tetapi terjadi terus menerus hingga beberapa hari.

Ciri lainnya, tanah retak di atas lereng dan selalu bertambah lebar dari hari ke hari. Hal lainnya, pepohonan di lereng bukit terlihat miring ke arah lembah, banyak terdapat rembesan air pada tebing atau kaki tebing, terutama pada batas antara tanah dan batuan di bawahnya.

Keruntuhan, umumnya terjadi jika tanah yang terletak di atas bidang longsor mempunyai bobot masa yang lebih tinggi dan melampaui batas kemampuan (daya menahan) tanah yang terletak di bawah bidang longsor tersebut. Contoh: pada saat hujan deras turun, tanah pada tebing terjal mempunyai potensi longsor yang sangat tinggi. Hal ini disebabkan oleh air yang masuk ke dalam tanah akan menjenuhkan tanah. Tanah yang jenuh air mempunyai bobot masa yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanah tidak jenuh air. Jika tebing tersebut mempunyai

bidang gelincir (berupa lapisan tanah liat atau sejenisnya), maka dengan mudah tanah dari atas tebing akan meluncur/runtuh. Inilah yang disebut longsor.

2. Faktor-faktor penyebab Longsor

Banyak faktor yang dapat mempengaruhi stabilitas lereng yang mengakibatkan terjadinya longsor. Beberapa faktor penyebab longsor lereng yang sering terjadi antara lain:

a. Hujan

Musim kering yang panjang akan menyebabkan terjadinya penguapan air di permukaan tanah dalam jumlah besar. Hal itu mengakibatkan munculnya pori-pori atau rongga tanah hingga terjadi retakan dan merekahnya tanah permukaan. Pada awal musim hujan, intensitas hujan yang tinggi dengan cepat dapat mengisi rongga-rongga tanah dan menjenuhkan tanah. Melalui rekahan tanah, air akan masuk dan terakumulasi di bagian dasar lereng, sehingga menimbulkan gerakan lateral. Bila ada pepohonan di permukaannya, tanah longsor dapat dicegah karena dua hal yaitu: air secara perlahan diserap oleh tumbuhan, dan akar tumbuhan dapat mengikat tanah.

b. Lereng Terjal

Lereng atau tebing yang terjal akan memperbesar daya dorong. Kebanyakan sudut lereng yang menyebabkan longsor adalah 180 apabila ujung lerengnya terjal dan bidang longsorannya mendatar.

c. Tekstur Tanah

Tanah yang bertekstur liat (clay) merupakan tanah halus. Tanah jenis ini memiliki potensi untuk terjadinya tanah longsor terutama bila terjadi hujan. Tanah grumosol merupakan salah satu tanah yang mempunyai tekstur clay dengan sifat khusus, mengkerut dan pecah-pecah jika kering dan mengembang jika jenuh air. Dengan sifat yang demikian, tanah grumosol sangat rentan longsor.

d. Batuan yang kurang kuat

Batuan endapan gunung api dan batuan sedimen berukuran pasir dan campuran antara kerikil, pasir, dan lempung umumnya kurang kuat. Batuan tersebut cepat lapuk dan menjadi tanah yang rentan longsor apalagi jika terdapat pada lereng yang terjal.

e. Tata Lahan

Tanah longsor banyak terjadi di daerah tata lahan persawahan, perladangan, dan adanya genangan air di lereng yang terjal. Faktor bobot masa, keberadaan

bidang gelincir (lapisan clay) di bawah permukaan tanah, dan tidak adanya ikatan/perkuatan tanah oleh tanaman menjadikan lahan dengan macam penggunaan ini sangat rawan longsor.

f. Penambahan beban pada lereng

Tambahan beban pada lereng dapat berupa bangunan baru, tambahan beban oleh air yang masuk ke pori-pori tanah maupun yang menggenang di permukaan tanah, dan beban dinamis oleh tumbuh- tumbuhan yang tertiuap angin dan lain-lain.

g. Penggalian atau pemotongan tanah pada kaki lereng dan penggalian yang mempertajam kemiringan lereng.

h. Getaran atau gempa bumi.

Getaran yang terjadi biasanya diakibatkan oleh gempa bumi, ledakan, getaran mesin, dan getaran lalu lintas kendaraan. Akibat yang ditimbulkannya adalah mempercepat ketidakstabilan lereng/tanah sehingga mudah longsor.

3. Penanggulangan Akibat Longsor

Tindakan yang harus segera dilakukan pada daerah rawan bencana tanah longsor antara lain, evakuasi penduduk di kaki lereng yang berpotensi longsor jika hujan lebat lebih dari lima jam secara terus menerus. Hal yang sama dilakukan jika terjadi hujan tidak lebat untuk beberapa hari.

Tindakan lainnya, tutup semua retakan tanah di atas lereng dengan menggunakan tanah liat atau lempung, sehingga air hujan tidak dapat masuk ke dalamnya. Hindari aktifitas penggalian di kaki lereng atau kegiatan yang dapat menimbulkan getaran karena bisa mengurangi kemampuan lereng menahan longsor. Selain itu, bersihkan saluran pembuangan air sehingga air hujan tidak tertahan pada lereng, tetapi bisa langsung masuk ke sungai utama. Setelah kejadian longsor, biasanya suasana menjadi panik, masyarakat segera bergegas menuju lokasi untuk memberi bantuan.

Beberapa hal yang perlu diwaspadai, yakni hindari penggalian pada kaki lereng tempat longsor, terutama jika dalam keadaan hujan karena dapat memicu kelongsoran baru. Jauhkan masyarakat yang tidak berkepentingan dari tempat timbunan karena akan memadatkan timbunan dan mempersulit usaha pencarian korban.

D. Kebakaran Hutan

1. Pengertian kebakaran hutan

Kebakaran adalah situasi dimana suatu tempat/lahan/bangunan dilanda api serta hasilnya menimbulkan kerugian. Kebakaran lahan dan hutan adalah keadaan dimana lahan dan hutan dilanda api, sehingga mengakibatkan kerusakan lahan dan hutan serta hasil-hasilnya dan menimbulkan kerugian.

Kebakaran hutan semula dianggap terjadi secara alami, tetapi kemungkinan manusia mempunyai peran dalam memulai kebakaran di milenium terakhir ini. Alasan rasional kenapa manusia membakar hutan, antara lain untuk memudahkan perburuan dan selanjutnya untuk membuka petak-petak pertanian di dalam hutan.

Meskipun kebakaran telah menjadi suatu ciri hutan-hutan di Indonesia selama beribu-ribu tahun, kebakaran yang terjadi mula-mula pasti lebih kecil dan lebih tersebar dari segi frekuensi dan waktunya dibandingkan dua dekade belakangan ini. Karena itu, kebakaran yang terjadi mula-mula ini bukan merupakan penyebab deforestasi yang signifikan. Hal ini terlihat jelas dari kenyataan bahwa sebagian besar wilayah Kalimantan, misalnya, dari dulu berhutan, dan baru pada waktu belakangan ini mengalami deforestasi yang sangat tinggi.

2. Dampak kebakaran hutan dan upaya pengendaliannya

Kebakaran hutan menimbulkan dampak yang luar biasa bagi masyarakat sekitar hutan maupun bagi masyarakat yang jauh dari hutan. Bahkan, asap yang ditimbulkan dapat melewati batas negara yang jaraknya ratusan kilometer. Karena itu, dampak dari kebakaran hutan adalah:

- a. Terjadinya peristiwa kecelakaan transportasi di darat, udara, dan laut berkaitan erat dengan jarak pandang yang buruk akibat kabut, misalnya tabrakan kapal di Selat Malaka pada tahun 1997 yang menewaskan 29 orang.
- b. Terganggunya kesehatan penduduk, terutama penyakit yang berkaitan dengan pernapasan, mata dan kulit. Partikel debu yang mengendap di dalam sistem pernapasan jutaan orang kemungkinan juga menyebabkan berbagai penyakit dan gangguan pernapasan jangka panjang yang kronis.
- c. Terganggunya aktivitas sosial dan ekonomi penduduk, misalnya penduduk lebih banyak menghabiskan waktu di rumah dan mengurangi aktivitas kerja dan bermasyarakat.
- d. Terganggunya pertumbuhan tanaman karena sinar matahari terhalang oleh

kabut dan asap, sehingga merugikan petani.

- e. Terjadinya kerugian finansial akibat pengeluaran untuk memadamkan api dan terganggunya aktivitas ekonomi penduduk.
- f. Rusaknya ekosistem hutan sebagai tempat hidup atau habitat bagi beragam spesies.
- g. Munculnya protes dari negara-negara tetangga karena mengganggu berbagai aktivitas penduduknya.

Untuk mencegah berbagai dampak yang terjadi akibat kebakaran hutan, maka beberapa upaya berikut dapat dilakukan oleh pemerintah, diantaranya:

- a. menyusun peraturan atau undang-undang yang terkait dengan kebakaran hutan dan pengelolaannya.
- b. melarang segala penggunaan api untuk membuka lahan di lahan-lahan hutan negara.
- c. menghukum pelaku pembakaran yang dilakukan secara sengaja, baik di tingkat nasional dan di tingkat propinsi.
- d. memiliki suatu organisasi pengelolaan kebakaran yang profesional.
- e. melakukan koordinasi di antara beberapa lembaga yang terkait.
- f. meningkatkan fasilitas dan peralatan untuk mendukung berbagai penyidikan di lapangan dan pemadaman kebakaran.

Adapun petunjuk cegah kebakaran hutan dan lahan sebagai berikut:

h. Bagi Warga

- ✓ Bila melihat kebakaran hutan dan lahan, segera lapor kepada ketua RT dan/atau pemuka masyarakat supaya mengusahakan pemadaman api.
- ✓ Bila api terus menjalar, segera laporkan kepada posko kebakaran terdekat.
- ✓ Bila terjadi kebakaran gunakan peralatan yang dapat mematikan api secara cepat dan tepat. Tidak membuang puntung rokok sembarangan.
- ✓ Matikan api setelah kegiatan berkemah selesai.
- ✓ Gunakan masker bila udara telah berasap, berikan bantuan kepada saudara-saudara kita yang menderita.

i. Bagi Peladang

- ✓ Hindari sejauh mungkin praktek penyiapan lahan pertanian dengan pembakaran, apabila pembakaran terpaksa harus dilakukan, usahakan bergiliran (bukan pada waktu yang sama), dan harus terus dipantau.
- ✓ Bahan yang dibakar harus sekering mungkin dan minta pimpinan masyarakat untuk mengatur giliran pembakaran tersebut.

Contoh Soal 7.3: jelaskan pengertian banjir?

Jawab : Banjir adalah peristiwa terjadinya genangan pada daerah yang biasanya kering. Banjir merupakan kejadian hidrologis yang dicirikan dengan debit dan/atau muka air yang tinggi dan dapat menyebabkan penggenangan pada lahan di sekitar sungai, danau, atau sistem air (water body) lainnya.

Banjir biasanya terjadi karena sungai atau saluran tidak mampu mengalirkan sejumlah air hujan yang mengalir di atas permukaan (surface run off). Aliran permukaan dari semua arah dan dari semua tempat menuju buangan alami dalam bentuk sungai atau saluran.

PENUGASAN KELAS

1. Diskusikanlah dalam kelompok kecil apa dampak dari banjir dalam kehidupan sehari-hari
2. Bentuklah kelompok kecil dan diskusikanlah mengapa banjir bisa terjadi?

RANGKUMAN

1. Bencana alam terjadi karena adanya faktor gejala alam, aktivitas manusia dan kombinasi dari keduanya.
2. Banjir, kekeringan, longsor dan kebakaran hutan adalah bencana alam yang disebabkan oleh kombinasi faktor gejala alam dan campur tangan manusia.
3. Banjir adalah peristiwa terjadinya genangan pada daerah yang biasanya kering.
4. Banjir dapat diklasifikasi berdasarkan langsung atau tidak langsungnya peran manusia, yaitu : (a) Banjir yang disebabkan oleh peran manusia secara tidak langsung (b) Banjir yang disebabkan oleh peran manusia secara langsung.
5. Kejadian banjir umumnya memberikan dampak negatif lebih tinggi dibandingkan dengan dampak positif.
6. Secara umum pengertian kekeringan adalah kondisi ketersediaan air yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan kebutuhan, baik untuk kebutuhan hidup, pertanian, kegiatan ekonomi dan lingkungan.
7. Proses terjadinya kekeringan diawali dengan kekeringan meteorologis, kekeringan pertanian dan kekeringan hidrologis.
8. Tanah longsor atau gerakan tanah adalah proses perpindahan massa tanah secara alami dari tempat yang tinggi ke tempat rendah.

9. Beberapa faktor penyebab longsor lereng yang sering terjadi antara lain hujan, lereng terjal, tekstur tanah, batuan yang kurang kuat, tata lahan, penambahan beban pada lereng, penggalian atau pemotongan tanah pada kaki lereng dan penggalian yang mempertajam kemiringan lereng, dan getaran atau gempa bumi.
10. Longsor dapat digolongkan ke dalam beberapa jenis di antaranya ada 6 jenis tanah longsor, yakni: longsor translasi, longsor rotasi, pergerakan blok, runtuh batu, rayapan tanah, dan aliran bahan rombakan.
11. Kebakaran lahan dan hutan adalah keadaan dimana lahan dan hutan dilanda api, sehingga mengakibatkan kerusakan lahan dan hutan serta hasil-hasilnya dan menimbulkan kerugian.
12. Kebakaran hutan menimbulkan dampak yang luas bagi masyarakat di sekitar hutan maupun yang jauh dari hutan
13. Banjir adalah peristiwa terjadinya genangan pada daerah yang biasanya kering. Banjir merupakan kejadian hidrologis yang dicirikan dengan debit dan/atau muka air yang tinggi dan dapat menyebabkan penggenangan pada lahan di sekitar sungai, danau, atau sistem air (water body) lainnya.
14. Banjir biasanya terjadi karena sungai atau saluran tidak mampu mengalirkan sejumlah air hujan yang mengalir di atas permukaan (surface run off). Aliran permukaan dari semua arah dan dari semua tempat menuju buangan alami dalam bentuk sungai atau saluran.
15. Banjir dapat diklasifikasikan berdasarkan langsung atau tidak langsungnya peran manusia:
 - a. Banjir yang disebabkan oleh peran manusia secara tidak langsung
 - b. Banjir yang disebabkan oleh peran manusia secara langsung
16. Banjir Yang Disebabkan Oleh Peran Manusia Secara Tidak Langsung
 - a. Curah hujan tinggi yang menyebabkan debit air sungai lebih besar dari kapasitas alur sungainya, sehingga timbul limpasan/genangan pada daerah dataran banjir.
 - b. Aliran pada anak sungai tertahan oleh aliran pada sungai induknya.
 - c. Terjadinya debit puncak banjir pada sungai induk dan anak sungai pada pertemuan sungai-sungai tersebut pada saat yang bersamaan.
 - d. Terjadinya pembendungan pada muara sungai akibat air pasang laut.
 - e. Terjadinya penyempitan pada alur sungai sehingga menimbulkan pembendungan muka air sungai.
 - f. Terdapat hambatan-hambatan terhadap aliran sungai yang disebabkan oleh faktor penampang alur sungainya yaitu antara lain berupa meander, muara anak

sungai pada sungai induknya yang tidak satu arah aliran (Stream Line) dan sebagainya.

- g. Kemiringan sungai yang sangat landai sehingga kapasitas, pengaliran alur sungai maupun daya angkut sungai terhadap sedimen relatif kecil, kondisi terakhir ini dapat menimbulkan proses aggradasi dasar sungai.
17. Kejadian banjir umumnya memberikan dampak negatif lebih tinggi dibandingkan dengan dampak positif. Dampak negatif terjadi pada saat kejadian banjir pada setelah (pasca) banjir, sedangkan dampak positif bersifat jangka panjang setelah kejadian banjir. Berikut ini akan kita sebut objek-objek yang hampir selalu terkena dampak negatif banjir yang diakibatkan oleh daya hancur, daya angkut, dan daya kikis air banjir:
- a. Sawah, lahan pertanian lain, bangunan dan pemukiman hancur karena genangan, kikisan, dan terseret arus
 - b. Bangunan rumah dan pemukiman hancur dan terseret arus
 - c. Jembatan runtuh karena pondasinya terkikis air atau hancur terseret arus air
 - d. Jalan rusak karena kikisan air
 - e. Longsor tebing sungai akibat terpaan dan kikisan air sungai
 - f. Bangunan air, jebol atau rusak karena kekuatan arus sungai
18. Terdapat beberapa upaya yang dapat dilakukan pada saat terjadi banjir dan pasca banjir. Pada saat banjir, upaya yang dapat kita lakukan adalah:
- a. Mengevakuasi korban dari wilayah bahaya ke wilayah aman
 - b. Menyediakan sarana dan prasarana pengungsian yang aman, dan layak tinggal (terlindung dari cuaca, berventilasi udara, serta dapat menjaga privasi).
 - c. Mempersiapkan sumber daya manusia (SDM) peralatan dan logistik dalam menanggulangi bencana banjir.
 - d. Menyediakan air bersih sebagai faktor penentu kesehatan pengungsi. Kebutuhan pokok, air bersih mutlak diperlukan
 - e. Menyediakan makanan adalah upaya yang tidak bisa ditunda. Setiap makhluk hidup butuh suplemen untuk bisa bertahan hidup atau tetap sehat. Yang terpenting dari makanan adalah kecukupan gizi. Paling tidak, setiap orang harus terpenuhi 2.100 kalori perhari.

TUGAS FORMATIF 2

1. sebutkan beberapa faktor yang menyebabkan banjir?
2. Sebutkan Banjir Yang Disebabkan Oleh Peran Manusia Secara Tidak Langsung?
3. Apa yang harus kita lakukan untuk meminimalisir kerugian akibat banjir?
4. Mengapa banjir bisa menguntungkan?
5. Sebutkan beberapa objek yang rusak akibat banjir?

KUNCI JAWABAN

1. Faktor penyebab banjir
 - a. Aliran air terlampau banyak
 - b. Bentuk dan ukuran saluran yang tidak memadai untuk mengalirkan air, misalnya sungai berkelok, dimensinya dangkal dan sempit,
 - c. Kemiringan saluran landai atau bahkan ada saluran yang bagian hilirnya lebih tinggi daripada daerah hulu
 - d. Hambatan aliran, seperti disebabkan oleh sampah dan pertumbuhan vegetasi di sungai dan saluran yang tidak terkendali
2. Banjir yang disebabkan manusia secara tidak langsung
 - a. Curah hujan tinggi yang menyebabkan debit air sungai lebih besar dari kapasitas alur sungainya, sehingga timbul limpasan/genangan pada daerah dataran banjir.
 - b. Aliran pada anak sungai tertahan oleh aliran pada sungai induknya
 - c. Terjadinya debit puncak banjir pada sungai induk dan anak sungai pada pertemuan sungai-sungai tersebut pada saat yang bersamaan.
 - d. Terjadinya pembendungan pada muara sungai akibat air pasang laut.
 - e. Terjadinya penyempitan pada alur sungai sehingga menimbulkan pembendungan muka air sungai.
 - f. Terdapat hambatan-hambatan terhadap aliran sungai yang disebabkan oleh faktor penampang alur sungainya yaitu antara lain berupa meander, muara anak sungai pada sungai induknya yang tidak satu arah aliran (Stream Line) dan sebagainya.
 - g. Kemiringan sungai yang sangat landai sehingga kapasitas, pengaliran alur sungai maupun daya angkut sungai terhadap sedimen relatif kecil, kondisi terakhir ini dapat menimbulkan proses aggradasi dasar sungai.
3. Upaya-upaya yang dilakukan adalah:

- a. Pemerintah melalui Bakornas, Satkorlak atau Satlak bekerja maksimal memperbaiki sistem penanganan bencana secara menyeluruh, mulai dari perangkat kebijakan/aturan, sumber daya manusia, peralatan, maupun keterlibatan masyarakat
 - b. Membangun sistem informasi kebencanaan yang mudah diakses dalam rangka memberikan informasi yang benar tentang bencana (banjir) kepada masyarakat
 - c. Mempersiapkan semua kebutuhan dasar korban banjir
 - d. Memperbaiki sistem penanganan (pada saat terjadi banjir) dan pada fase pemulihan. Menjalin kesepahaman dan kebersamaan dalam penanggulangan bencana antar berbagai pihak; masyarakat terkena bencana, warga berkepentingan, pemerintah, dan lembaga-lembaga kemanusiaan
4. Karena banjir:
- a. Banjir bisa menggelontor bahan-bahan pencemar air yang mengendap menyumbat saluran air.
 - b. Banjir bisa menjaga kelembaban tanah dan mengembalikan kelembapan tanah tandus/kering,
 - c. Banjir bisa menambah cadangan air tanah
 - d. Banjir bisa menjaga lingkungan hayati (ekosistem) sungai dengan cara menyediakan tempat bersarang, berbiak dan makan bagi ikan, burung dan binatang-binatang liar.
 - e. Pengendapan lumpur banjir dalam jangka panjang dapat meningkatkan kesuburan tanah.
5. Objek yang rusak akibat banjir
- a. Sawah, lahan pertanian lain, bangunan dan pemukiman hancur karena genangan, kikisan, dan terseret arus
 - b. Bangunan rumah dan pemukiman hancur dan terseret arus
 - c. Jembatan runtuh karena pondasinya terkikis air atau hancur terseret arus air
 - d. Jalan rusak karena kikisan air
 - e. Longsor tebing sungai akibat terpaan dan kikisan air sungai
 - f. Bangunan air, jebol atau rusak karena kekuatan arus sungai

Lembar Kerja Praktek 2

Kegiatan Pembelajaran 3: Penanggulangan Bencana Alam

KEMAMPUAN AKHIR YANG DIHARAPKAN

1. Mahasiswa mampu memahami mengurangi bencana alam
2. Mahasiswa bisa penyelenggarakan penanggulangan bencana alam

URAIAN MATERI

A. Penanggulangan Bencana Alam

Bencana alam merupakan peristiwa luar biasa yang dapat menimbulkan penderitaan luar biasa pula bagi yang mengalaminya. Bahkan, bencana alam tertentu menimbulkan banyak korban cedera maupun meninggal dunia. Bencana alam juga tidak hanya menimbulkan luka atau cedera fisik, tetapi juga menimbulkan dampak psikologis atau kejiwaan. Hilangnya harta benda dan nyawa dari orang-orang yang dicintainya, membuat sebagian korban bencana alam mengalami stress atau gangguan kejiwaan. Hal tersebut akan sangat berbahaya terutama bagi anak-anak yang dapat terganggu perkembangan jiwanya. Mengingat dampak yang luar biasa tersebut, maka penanggulangan bencana alam harus dilakukan dengan menggunakan prinsip dan cara yang tepat. Selain itu, penanggulangan bencana alam juga harus menyeluruh tidak hanya pada saat terjadi bencana tetapi pencegahan sebelum terjadi bencana dan rehabilitasi serta rekonstruksi setelah terjadi bencana. Hal ini dilakukan dengan tujuan agar bencana alam tidak terlalu banyak menimbulkan dampak buruk bagi korban bencana alam.

B. Prinsip-Prinsip Penanggulangan Bencana Alam

Penanggulangan bencana alam bertujuan untuk melindungi masyarakat dari bencana alam dan dampak yang ditimbulkannya. Karena itu, dalam penanggulangannya harus memperhatikan prinsip-prinsip penanggulangan bencana alam. Dalam Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana, disebutkan sejumlah prinsip penanggulangan yaitu:

1. Cepat dan tepat

Yang dimaksud dengan prinsip cepat dan tepat adalah bahwa dalam penanggulangan bencana harus dilaksanakan secara cepat dan tepat sesuai dengan tuntutan keadaan. Keterlambatan dalam penanggulangan akan berdampak pada tingginya kerugian material maupun korban jiwa.

2. Prioritas

Yang dimaksud dengan prinsip prioritas adalah bahwa apabila terjadi bencana, kegiatan penanggulangan harus mendapat prioritas dan diutamakan pada kegiatan penyelamatan jiwa manusia.

3. Koordinasi dan keterpaduan

Yang dimaksud dengan prinsip koordinasi adalah bahwa penanggulangan bencana didasarkan pada koordinasi yang baik dan saling mendukung. Yang dimaksud dengan prinsip keterpaduan adalah bahwa penanggulangan bencana dilakukan oleh berbagai sektor secara terpadu yang didasarkan pada kerja sama yang baik dan saling mendukung.

4. Berdaya guna dan berhasil guna

Yang dimaksud dengan prinsip berdaya guna adalah bahwa dalam mengatasi kesulitan masyarakat dilakukan dengan tidak membuang waktu, tenaga, dan biaya yang berlebihan. Yang dimaksud dengan prinsip berhasil guna adalah bahwa kegiatan penanggulangan bencana harus berhasil guna, khususnya dalam mengatasi kesulitan masyarakat dengan tidak membuang waktu, tenaga, dan biaya yang berlebihan.

5. Transparansi dan akuntabilitas

Yang dimaksud dengan prinsip transparansi adalah bahwa penanggulangan bencana dilakukan secara terbuka dan dapat dipertanggungjawabkan. Yang dimaksud dengan prinsip akuntabilitas adalah bahwa penanggulangan bencana dilakukan secara terbuka dan dapat dipertanggungjawabkan secara etik dan hukum.

6. Kemitraan

Penanggulangan bencana tidak bisa hanya mengandalkan pemerintah. Kemitraan dalam penanggulangan bencana dilakukan antara pemerintah dengan masyarakat secara luas, termasuk lembaga swadaya masyarakat (LSM) maupun dengan organisasi-organisasi kemasyarakatan lainnya. Bahkan, kemitraan juga dilakukan dengan organisasi atau lembaga di luar negeri termasuk dengan pemerintahnya.

7. Pemberdayaan

Pemberdayaan berarti upaya meningkatkan kemampuan masyarakat untuk mengetahui, memahami dan melakukan langkah-langkah antisipasi, penyelamatan dan pemulihan bencana. Negara memiliki kewajiban untuk memberdayakan masyarakat agar dapat mengurangi dampak dari bencana

8. Nondiskriminatif

Yang dimaksud dengan prinsip nondiskriminasi adalah bahwa negara dalam penanggulangan bencana tidak memberikan perlakuan yang berbeda terhadap jenis kelamin, suku, agama, ras, dan aliran politik apa pun.

9. Nonproletisi

Yang dimaksud dengan nonproletisi adalah bahwa dilarang menyebarkan agama atau keyakinan pada saat keadaan darurat bencana, terutama melalui pemberian bantuan dan pelayanan darurat bencana



Gambar 7.17 Penyelamatan jiwa manusia harus prioritas

C. Tahapan Penanggulangan Bencana Alam

Penanggulangan bencana adalah segala upaya kegiatan yang dilakukan meliputi kegiatan pencegahan, penjinakan (mitigasi), penyelamatan, rehabilitasi dan rekonstruksi, baik sebelum, pada saat maupun setelah bencana dan menghindarkan dari bencana yang terjadi. Berdasarkan pengertian tersebut, penanggungan bencana tidak hanya pada saat dan setelah terjadinya bencana tetapi upaya pencegahan juga termasuk ke dalam kegiatan penanggulangan bencana. Karena itu, penanggulangan bencana dilakukan melalui beberapa tahapan.

1. Tahap pencegahan

Pada tahap ini berbagai upaya dilakukan untuk meminimalkan dampak buruk dari bencana alam. Contoh-contoh kegiatan pada tahap ini adalah:

- Pembuatan waduk untuk mencegah terjadinya banjir dan kekeringan.
- Pohon bakau/mangrove di sepanjang pantai untuk menghambat gelombang tsunami.
- Pembuatan tanggul untuk menghindari banjir.
- Pembuatan tanggul untuk menahan lahar agar tidak masuk ke wilayah

permukiman.

e. Reboisasi untuk mencegah terjadinya kekeringan dan banjir.

2. Tahap tanggap darurat

Pada tahap tanggap darurat, hal paling pokok yang sebaiknya dilakukan adalah penyelamatan korban bencana. Inilah sasaran utama dari tahapan tanggap darurat. Selain itu, tahap tanggap darurat bertujuan membantu masyarakat yang terkena bencana langsung untuk segera dipenuhi kebutuhan dasarnya yang paling minimal. Para korban juga perlu dibawa ke tempat sementara yang dianggap aman dan ditampung di tempat penampungan sementara yang layak. Pada tahap ini dilakukan pula pengaturan dan pembagian logistik atau bahan makanan yang cepat dan tepat sasaran kepada seluruh korban bencana. Secara operasional, pada tahap tanggap darurat ini diarahkan pada kegiatan:

- penanganan korban bencana termasuk mengubur korban meninggal dan menangani korban yang luka-luka.
- penanganan pengungsi
- pemberian bantuan darurat
- pelayanan kesehatan, sanitasi dan air bersih
- penyiapan penampungan sementara
- pembangunan fasilitas sosial dan fasilitas umum sementara serta memperbaiki sarana dan prasarana dasar agar mampu memberikan pelayanan yang memadai untuk para korban;



Gambar 7.18 Pemberian bantuan darurat

3. Tahap Rehabilitasi

Dalam tahap rehabilitasi, upaya yang dilakukan adalah perbaikan fisik dan non fisik serta pemberdayaan dan pengembalian harkat korban. Tahap ini bertujuan mengembalikan dan memulihkan fungsi bangunan dan infrastruktur yang mendesak dilakukan untuk menindaklanjuti tahap tanggap darurat, seperti rehabilitasi bangunan ibadah, bangunan sekolah, infrastruktur sosial dasar, serta prasarana dan

sarana perekonomian yang sangat diperlukan. Sasaran utama dari tahap rehabilitasi adalah untuk memperbaiki pelayanan masyarakat atau publik sampai pada tingkat yang memadai. Dalam tahap rehabilitasi ini juga diupayakan penyelesaian berbagai permasalahan yang terkait dengan aspek kejiwaan/psikologis melalui penanganan trauma korban bencana.



Gambar 7.19 Perbaikan fasilitas

4. Tahap Rekonstruksi

Upaya yang dilakukan pada tahap rekonstruksi adalah pembangunan kembali sarana, prasarana serta fasilitas umum yang rusak dengan tujuan agar kehidupan masyarakat kembali berjalan normal. Biasanya melibatkan semua masyarakat, perwakilan lembaga swadaya masyarakat, dan dunia usaha. Sasaran utama dari tahap ini adalah terbangunnya kembali masyarakat dan kawasan. Pendekatan pada tahap ini sedapat mungkin juga melibatkan masyarakat dalam setiap proses.



Gambar 7.20 Pembangunan kembali rumah penduduk

D. Penanggulangan Beberapa Bencana Alam

Secara umum tahapan penanggulangan bencana relatif sama, namun perbedaan biasanya terletak pada cara pencegahan bencana. Karena itu, pembahasan cara penanggulangan akan dilakukan untuk masing-masing bencana alam.

1. Penanggulangan Bencana Banjir

Bencana banjir terjadi karena berbagai faktor penyebab. Faktor penyebab yang paling utama adalah alih fungsi hutan untuk kegiatan pertanian maupun

permukiman. Padahal, hutan berfungsi dalam meningkatkan air yang meresap ke dalam tanah, sehingga mengurangi aliran air permukaan yang menjadi penyebab banjir. Selain itu, banjir juga terjadi karena kebiasaan buruk sebagian masyarakat dalam membuang sampah, yaitu membuang sampah ke sungai. Akibatnya aliran sungai terhambat oleh sampah dan mengakibatkan alirannya meluap ke luar tubuh sungai. Banjir juga terjadi karena karakteristik fisik wilayah yang secara alamiah memicu terjadinya banjir. Lahan yang datar, tanah yang kedap air memungkinkan terjadinya genangan air pada saat hujan. Banyak daerah di Indonesia, tanahnya mempunyai daya serapan air yang buruk. Jika keadaan tersebut terjadi, maka ketika hujan turun dalam waktu singkat kadang terjadi banjir secara tiba-tiba yang disebut banjir bandang. Untuk menanggulangi bencana banjir banyak hal yang harus dilakukan, di antaranya sebagai berikut:

- a. Sebelum kejadian banjir
 - ✓ Membersihkan saluran air dari sampah yang dapat menyumbat aliran air, sehingga menyebabkan terjadinya banjir.
 - ✓ Mengeruk sungai untuk menambah daya tampung air.
 - ✓ Membangun rute-rute drainase alternatif (kanal-kanal sungai baru, sistem-sistem pipa), sehingga dapat mencegah beban yang berlebihan terhadap sungai.
 - ✓ Tidak mendirikan bangunan pada wilayah (area) yang menjadi daerah lokasi penyerapan air atau daerah tangkapan hujan, terutama di daerah hulu sungai.
 - ✓ Tidak menebangi pohon-pohon di hutan, karena hutan yang gundul akan sulit menyerap air, sehingga jika terjadi hujan lebat secara terus menerus air tidak dapat diserap secara langsung oleh tanah bahkan akan menggerus tanah. Hal ini juga dapat menyebabkan tanah longsor.
 - ✓ Membuat tembok-tembok penahan dan tanggul-tanggul di sepanjang sungai, tembok-tembok laut di sepanjang pantai-pantai dapat menjaga tingkat ketinggian air agar tidak masuk ke dalam



Gambar 7.20 Upaya mencegah banjir

- b. Pada saat kejadian banjir
 - ✓ Mengarahkan tim penyelamat beserta bahan dan peralatan pendukung, seperti perahu karet, tambang, pelampung, dan obat-obatan.
 - ✓ Membawa korban ke tempat yang aman atau penampungan sementara.
 - ✓ Memantau perkembangan keadaan banjir dan menyebarluaskan informasinya kepada masyarakat.
- c. Pasca kejadian banjir
 - ✓ Memberikan pertolongan medis bagi yang memerlukan.
 - ✓ Memberikan bantuan obat-obatan dan makanan serta bantuan lainnya.
 - ✓ Memperbaiki sarana dan prasarana yang rusak karena banjir
 - ✓ Membersihkan sarana dan prasarana yang kotor karena banjir.

2. Penanggulangan Bencana Kekeringan

Bencana kekeringan terjadi ketika adanya kesenjangan antara air yang tersedia dengan air yang diperlukan. Di Indonesia, bencana ini terkait dengan musim kemarau yang terjadi selama beberapa bulan dalam setahun. Selama musim kemarau jumlah curah hujan sangat sedikit, sehingga tidak mampu memenuhi kebutuhan air untuk manusia dan makhluk hidup lainnya.

Selain terjadi karena faktor alam, bencana kekeringan diperparah oleh ulah manusia yang merusak lingkungan, khususnya hutan. Hutan berfungsi menyimpan air yang berlebih selama musim hujan. Sebagian air hujan akan tersimpan di bawah permukaan tanah di hutan, sebagian lagi dialirkan menjadi air limpasan yang

kemudian mengisi sungai-sungai. Jika hutan ditebang, maka kemampuan tanah untuk menyerap air hujan dan menyimpannya diantara pori-pori tanah menjadi berkurang. Sebagian besar air hujan akan mengalir menuju sungai yang berakibat banjir. Sementara itu, pada musim kemarau hanya sedikit cadangan air yang bisa dialirkan menuju sungai, sehingga menimbulkan bencana kekeringan.

Sebenarnya dalam penanggulangan kekeringan tidak jauh berbeda dengan banjir. Kedua jenis bencana tersebut memiliki keterkaitan yang erat. Beberapa cara atau metode untuk penanggulangan kekeringan, di antaranya adalah sebagai berikut:

- a. Membuat waduk (dam) yang berfungsi sebagai persediaan air di musim kemarau. Selain itu waduk dapat mencegah terjadinya banjir pada musim hujan.
- b. Membuat hujan buatan untuk daerah-daerah yang sangat kering.
- c. Reboisasi atau penghijauan kembali daerah-daerah yang sudah gundul agar tanah lebih mudah menyerap air pada musim penghujan dan sebagai penyimpanan cadangan air pada musim kemarau.
- d. Melakukan diversifikasi dalam bercocok tanam bagi para petani, misalnya mengganti tanaman padi dengan tanaman palawija pada saat musim kemarau tiba karena palawija dapat cepat dipanen serta tidak membutuhkan banyak air untuk pertumbuhannya.
- e. Penentuan teknologi pencegahan kekeringan (pembuatan embung, penyesuaian pola tanam dan teknologi budidaya tanaman dll) dan sistem pengaliran air irigasi yang disesuaikan dengan hasil prakiraan iklim.
- f. Pengembangan sistem penghargaan (reward) bagi masyarakat yang melakukan upaya konservasi dan rehabilitasi sumberdaya air dan lahan serta memberikan hukuman (punishment) bagi yang merusak hutan.

3. Penanggulangan Bencana Longsor

Bencana longsor biasanya dipicu oleh aktivitas gempa. Guncangan membuat tanah menjadi labil dan menimbulkan longsor. Longsor juga terjadi ketika tanah yang berada pada bidang gelincir (lapisan kedap air) mendapat guyuran hujan setelah sekian lama mengalami kekeringan. Tanah yang kering dan kemudian terisi oleh air hujan dapat meningkatkan berat dan akhirnya terjadi longsor. Karena itulah pada awal musim hujan, pemerintah berupaya memberikan peringatan akan bahaya longsor di beberapa titik atau lokasi. Bencana longsor juga bisa dipicu oleh letusan gunung api. Letusan membuat tanah menjadi labil seketika dan terjadi longsor.

Bencana longsor yang menimpa permukiman dapat menimbulkan korban jiwa walaupun biasanya tidak sebesar tsunami dan gempa bumi. Bencana ini biasanya

terjadi pada area yang tidak terlalu luas dan terjadi dalam waktu yang singkat. Korban biasanya terkubur oleh tanah karena tidak sempat menyelamatkan diri. Seringkali peristiwanya terjadi pada malam hari ketika warga sedang terlelap tidur. Rumah dan jalan juga mengalami kehancuran. Penanggulangannya dilakukan dengan cara:

a. Pencegahan

Bencana longsor dapat dicegah melalui cara berikut:

- ✓ Melarang pembangunan rumah pada lokasi yang rawan longsor, terutama pada lereng dan kaki bukit.
- ✓ Memperkuat kestabilan tanah dengan pohon-pohon yang akarnya dapat mengikat tanah secara kuat.
- ✓ Pembangunan tembok-tembok penahan untuk memperkuat lereng pada lokasi rawan longsor.
- ✓ Memberikan penyuluhan pada masyarakat yang tinggal di wilayah longsor tentang cara menghindari bencana longsor.



Gambar 7.21 Pepohonan memperkuat kestabilan tanah

b. Pasca bencana longsor

- ✓ Mengerahkan tim dan masyarakat untuk bersama-sama memberikan pertolongan jikalau ada yang warga yang masih bisa diselamatkan.
- ✓ Mengumpulkan informasi dari warga tentang lokasi rumah yang terkena longsor, jumlah rumahnya dan jumlah anggota keluarganya.
- ✓ Mengumpulkan informasi tentang jumlah warga yang terkena longsor.
- ✓ Melakukan pencarian dan penggalian terhadap warga dan rumah yang terkena timbunan longsor.
- ✓ Memberikan pertolongan medis bagi warga yang masih hidup dan terkena longsor. Melakukan perbaikan infrastruktur

- ✓ Membangun kembali rumah warga yang terkena longsor
- ✓ Merelokasi warga pada lokasi baru yang lebih aman dari longsor jika masih ada kemungkinan longsor pada masa yang akan datang.

4. Penanggulangan Bencana Tsunami

Tsunami adalah ombak besar yang terjadi setelah peristiwa gempa bumi, gempa laut, gunung berapi meletus, atau hantaman meteor di laut. Bencana tsunami dapat diprediksi oleh berbagai institusi seismologi di berbagai penjuru dunia dan proses terjadinya tsunami dapat dimonitor melalui satelit. Dengan diterapkannya sistem peringatan dini (early warning system), diharapkan masyarakat dapat melakukan evakuasi dengan cepat bila terjadi bencana tsunami.

a. Sebelum terjadi tsunami

- ✓ memasang peralatan sistem peringatan dini di wilayah-wilayah laut yang berpotensi mengalami tsunami.
- ✓ Melakukan pemetaan tingkat kerawanan bencana tsunami dan mensosialisasikannya kepada masyarakat.
- ✓ Sosialisasi peristiwa bencana tsunami kepada masyarakat yang tinggal di wilayah-wilayah rawan bencana tsunami.
- ✓ Menentukan jalur-jalur dan tempat evakuasi bagi penduduk yang tinggal di wilayah-wilayah rawan tsunami.
- ✓ Menanam dan memelihara hutan, khususnya hutan mangrove di sepanjang pantai untuk menahan laju ombak.



Gambar 7.22 Pohon dapat menahan gelombang tsunami

- b. Pada saat terjadinya tsunami
 - ✓ Memberikan tanda peringatan dan informasi untuk memandu penduduk mencapai tempat yang aman.
 - ✓ Mengarahkan tim penyelamat beserta peralatan pendukung untuk membantu penduduk mencapai tempat evakuasi.
 - ✓ Memantau perkembangan keadaan untuk menentukan langkah-langkah berikutnya.
- c. Setelah terjadinya tsunami
 - ✓ Mencari korban untuk dievakuasi ke tempat yang aman.
 - ✓ Memberikan pertolongan bagi para korban bencana
 - ✓ Menyiapkan tend-tenda darurat untuk menampung para korban bencana.
 - ✓ Memberikan bantuan makanan dan obat-obatan. Mengidentifikasi kerusakan yang terjadi
 - ✓ Memperbaiki sarana dan prasarana yang mengalami kerusakan.

5. Penanggulangan Bencana Letusan Gunung Api

Indonesia merupakan negara yang jumlah gunungapinya sangat banyak. Tidak kurang dari 130 gunungapi aktif atau 13-17 % dari jumlah seluruh gunungapi yang ada di dunia, terdapat di Indonesia.

Karena banyaknya gunungapi, maka Indonesia rawan dari bencana letusan gunungapi. Sejak tahun 1.000 telah tercatat lebih dari 1.000 letusan dan memakan korban manusia tidak kurang dari 175.000 jiwa. Letusan gunung Tambora pada tahun 1815 dan gunung Krakatau pada tahun 1883 merupakan dua diantara letusan yang paling hebat yang telah memakan banyak korban. Sekiranya kepadatan penduduk seperti sekarang, tentulah letusan itu akan membawa bencana yang lebih besar.

Selain membawa bencana, gunungapi merupakan sumber pembawa kemakmuran. Tanah yang subur selalu menutupi tubuhnya. Karena itu, penduduk selalu tertarik untuk menetap dan mendekati gunungapi, walaupun tempat tersebut diketahuinya berbahaya. Di sinilah terletak permasalahan gunungapi di Indonesia, disatu pihak merupakan sumber bencana, tapi di lain pihak merupakan sumber kesejahteraan.

Karena kondisi tersebut, maka penanggulangan bencana gunungapi tidak hanya terpusat pada gunungapi, tetapi masyarakat sekitar gunungapi yang kadang tidak mudah untuk dievakuasi. Alasannya, selain karena keterikatan dengan rumah dan lahan pertanian, juga karena adanya kepercayaan tertentu terhadap gunungapi.

Jadi penanggulangannya juga mencakup aspek sosial budaya.

Setiap tipe gunungapi memiliki karakteristik letusannya masing-masing yang berbeda antara satu dengan lainnya. Gunungapi juga memiliki ciri atau perilaku yang berbeda antara satu jenis gunungapi dengan gunungapi lainnya. Karena itu, penanggulangannya juga bervariasi tergantung pada karakteristik gunungapi itu sendiri. Penanggulangan bencana letusan gunungapi dibagi menjadi tiga bagian, yaitu persiapan sebelum terjadi letusan, saat terjadi letusan dan sesudah terjadi letusan.

a. Sebelum terjadi letusan dilakukan

- ✓ Pemantaun dan pengamatan kegiatan pada semua gunungapi aktif.
- ✓ Pembuatan dan penyediaan Peta Kawasan Rawan Bencana dan
- ✓ Peta Zona Resiko Bahaya Gunungapi yang didukung dengan Peta Geologi Gunungapi.
- ✓ Melaksanakan prosedur tetap penanggulangan bencana letusangunungapi.
- ✓ Melakukan pembimbingan dan pemberian informasi gunungapi,
- ✓ Melakukan penyelidikan dan penelitian geologi, geofisika dan geokimia di gunungapi.
- ✓ Melakukan peningkatan sumberdaya manusia dan pendukungnya seperti peningkatan sarana dan prasarannya.

b. Saat terjadi krisis/ letusan gunungapi

- ✓ Membentuk tim gerak cepat
- ✓ Meningkatkan pemantauan dan pengamatan dengan didukung oleh penambahan peralatan yang lebih memadai;
- ✓ Meningkatkan pelaporan tingkat kegiatan menurut alur dan frekwensi pelaporan sesuai dengan kebutuhan;
- ✓ Memberikan rekomendasi kepada pemerintah setempat sesuai prosedur.

c. Setelah terjadi letusan

- ✓ Menginventarisir data, mencakup sebaran dan volume hasil letusan.
- ✓ Mengidentifikasi daerah yang terancam bahaya.
- ✓ Memberikan saran penanggulangan bahaya.
- ✓ Memberikan penataan kawasan jangka pendek dan jangka panjang.
- ✓ Memperbaiki fasilitas pemantauan yang rusak.
- ✓ Menurunkan status kegiatan, bila keadaan sudah menurun.
- ✓ Melanjutkan memantau rutin.

6. Penanggulangan Bencana Gempa Bumi

Gempa bumi adalah gejala pelepasan energi berupa gelombang yang menjalar ke permukaan bumi akibat adanya gangguan di kerak bumi (patah, runtuh, atau hancur). Sampai sekarang manusia belum dapat meramalkan kapan suatu gempa akan terjadi. Besar kecilnya malapetaka yang terjadi sangat tergantung pada kekuatan (magnitudo) gempa itu sendiri serta kondisi daerah yang terkena gempa itu. Alat pengukur gempa bumi disebut seismograf, yang dinyatakan dalam skala Richter.

Gempa bumi merupakan bencana alam yang sering melanda wilayah Indonesia, kira-kira 400 kali dalam setahun. Hal ini terjadi karena Indonesia dilalui oleh dua lempeng (sabuk) gempa bumi, yaitu lempeng Mediterania (Alpen-Himalaya) dan lempeng Pasifik.

Antisipasi yang harus dilakukan bagi masyarakat luas adalah apa dan bagaimana cara menghadapi gempa, pada saat dan sesudah gempa terjadi. Dalam menghadapi bencana gempa bumi misalnya masyarakat Jepang telah tahu bagaimana bereaksi ketika gempa bumi berguncang. Mereka segera mematikan kompor atau api yang menyala, menyambar tas yang telah disiapkan (yang berisi sebotol air mineral, makanan ringan tahan lama, lampu senter, peluit, obat-obatan, radio transistor, dan lain-lain), lalu segera bersembunyi di bawah meja, dan tetap menunggu hingga guncangan reda.

Tindakan lari keluar rumah, menurut mereka, malah lebih berbahaya karena ketika gempa besar berguncang, akan terjadi runtuh bangunan, tiang listrik, dan lain-lain. Dalam pengetahuan itu pula selalu disebutkan untuk segera menghindari pantai (antisipasi tsunami) dan menjauhi tebing (antisipasi longsor). Penanggulangan bencana gempa bumi dapat dilakukan dengan cara berikut.

a. Sebelum terjadi gempa

- ✓ Sosialisasi potensi gempa di wilayah yang rawan gempa.
- ✓ Mengembangkan bangunan yang relatif tahan gempa, dengan memperkuat atau memperdalam fondasi bangunan, penggunaan material yang ringan supaya bangunan dapat mengikuri getaran gempa.
- ✓ Penguatan jalan, di Jepang jalan dibangun dengan desain seperti gelombang air ketika terjadi gempa.
- ✓ Pendidikan pada masyarakat tentang cara menyelamatkan diri dari gempa dari mulai anak-anak sampai orang dewasa.

- ✓ Monitoring, dengan mengukur gerakan tanah menggunakan skala richter.
 - ✓ Persiapan menghadapi gempa di rumah dengan menyiapkan air, makanan, lampu senter, selimut dan pertolongan pertama.
- b. Pada saat gempa dan setelah gempa
- ✓ Memberikan peringatan terjadinya gempa kepada masyarakat.
 - ✓ Memantau perkembangan gempa dan menyebarkanluaskannya kepada masyarakat.
 - ✓ Memberikan informasi jika keadaan telah dianggap aman.
 - ✓ Mengarahkan regu atau tim tanggap darurat ke lapangan untuk memberikan pertolongan.
 - ✓ Memperbaiki berbagai fasilitas yang rusak terutama jalan agar bantuan tidak terhambat datang ke lokasi dan masyarakat dapat melakukan mobilitas. Melakukan berbagai upaya rekonstruksi.

Contoh Soal 7.4: jelaskan apa yang dimaksud dengan kemitraan dalam prinsip penanggulangan bencana alam?

Jawab: Penanggulangan bencana tidak bisa hanya mengandalkan pemerintah. Kemitraan dalam penanggulangan bencana dilakukan antara pemerintah dengan masyarakat secara luas, termasuk lembaga swadaya masyarakat (LSM) maupun dengan organisasi-organisasi kemasyarakatan lainnya. Bahkan, kemitraan juga dilakukan dengan organisasi atau lembaga di luar negeri termasuk dengan pemerintahnya.

PENUGASAN KELAS

1. Carilah informasi dan gambar dari berbagai sumber (koran, majalah, internet) tentang cara penanggulangan bencana alam yang terjadi di berbagai wilayah di Indonesia. Kelompokkanlah ke dalam tiga tahap penanggulangan bencana alam (pencegahan, rehabilitasi, dan rekonstruksi)!
2. Perhatikanlah lingkungan tempat tinggal kalian masing-masing. Tulis dan ambil gambar/foto tentang upaya-upaya pencegahan bencana alam!

RANGKUMAN

1. Penanggulangan bencana alam bertujuan untuk melindungi masyarakat dari bencana alam dan dampak yang ditimbulkannya.
2. Dalam Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 ayat 2, disebutkan sejumlah prinsip penanggulangan yaitu cepat dan tepat, prioritas, koordinasi dan keterpaduan, berdaya guna dan berhasil guna, transparansi dan akuntabilitas, kemitraan, pemberdayaan, nondiskriminatif, dan nonproletisi.
3. Penanggulangan bencana, adalah segala upaya kegiatan yang dilakukan meliputi kegiatan pencegahan, penjinakan (mitigasi), penyelamatan, rehabilitasi dan rekonstruksi, baik sebelum, pada saat maupun setelah bencana dan menghindarkan dari bencana yang terjadi.
4. Selain terjadi karena faktor alam, bencana kekeringan diperparah oleh ulah manusia yang merusak lingkungan, khususnya hutan.
5. Bencana longsor biasanya dipicu oleh aktivitas gempa, curah hujan, dan letusan gunung api.
6. Tsunami adalah ombak besar yang terjadi setelah peristiwa gempa bumi, gempa laut, gunung berapi meletus, atau hantaman meteor di laut.
7. Penanggulangan bencana gunungapi tidak hanya terpusat pada gunungapi, tetapi masyarakat sekitar gunungapi yang kadang tidak mudah untuk dievakuasi.
8. Gempa bumi adalah gejala pelepasan energi berupa gelombang yang menjalar ke permukaan bumi akibat adanya gangguan di kerak bumi (patah, runtuh, atau hancur).

TUGAS FORMATIF 3

1. J

1. Apa yang dimaksud dengan penanggulangan bencana alam?
2. Sebutkan dan jelaskan tiga prinsip penangulangan bencana alam yang kalian ketahui?
3. Apa saja yang dilakukan pada tahap tanggap darurat bencana alam?
4. Kegiatan apa saja yang dilakukan untuk mencegah terjadinya bencana longsor?
5. Kegiatan apa saja yang dilakukan setelah terjadinya bencana tsunami?

KUNCI JAWABAN

1. Penanggulangan bencana alam adalah harus dilakukan dengan menggunakan prinsip dan cara yang tepat. Selain itu, penanggulangan bencana alam juga harus menyeluruh tidak hanya pada saat terjadi bencana tetapi pencegahan sebelum terjadi bencana dan rehabilitasi serta rekonstruksi setelah terjadi bencana. Hal ini dilakukan dengan tujuan agar bencana alam tidak terlalu banyak menimbulkan dampak buruk bagi korban bencana alam
2. Prinsip penanggulangan bencana alam
 - a. Prioritas

Yang dimaksud dengan prinsip prioritas adalah bahwa apabila terjadi bencana, kegiatan penanggulangan harus mendapat prioritas dan diutamakan pada kegiatan penyelamatan jiwa manusia.
 - b. Koordinasi dan keterpaduan

Yang dimaksud dengan prinsip koordinasi adalah bahwa penanggulangan bencana didasarkan pada koordinasi yang baik dan saling mendukung. Yang dimaksud dengan prinsip keterpaduan adalah bahwa penanggulangan bencana dilakukan oleh berbagai sektor secara terpadu yang didasarkan pada kerja sama yang baik dan saling mendukung.
 - c. Berdaya guna dan berhasil guna

Yang dimaksud dengan prinsip berdaya guna adalah bahwa dalam mengatasi kesulitan masyarakat dilakukan dengan tidak membuang waktu, tenaga, dan biaya yang berlebihan. Yang dimaksud dengan prinsip berhasil guna adalah bahwa kegiatan penanggulangan bencana harus berhasil guna, khususnya dalam mengatasi kesulitan masyarakat dengan tidak membuang waktu, tenaga, dan biaya yang berlebihan.
3. Tahap yang dilakukan adalah
 - a. penanganan korban bencana termasuk mengubur korban meninggal dan menangani korban yang luka-luka.
 - b. penanganan pengungsi
 - c. pemberian bantuan darurat
 - d. pelayanan kesehatan, sanitasi dan air bersih
 - e. penyiapan penampungan sementara
 - f. pembangunan fasilitas sosial dan fasilitas umum sementara serta memperbaiki sarana dan prasarana dasar agar mampu memberikan pelayanan yang memadai untuk para korban;

4. Bencana longsor dapat dicegah melalui cara berikut:
 - a. Melarang pembangunan rumah pada lokasi yang rawan longsor, terutama pada lereng dan kaki bukit.
 - b. Memperkuat kestabilan tanah dengan pohon-pohon yang akarnya dapat mengikat tanah secara kuat.
 - c. Pembangunan tembok-tembok penahan untuk memperkuat lereng pada lokasi rawan longsor.
 - d. Memberikan penyuluhan pada masyarakat yang tinggal di wilayah longsor tentang cara menghindari bencana longsor.
5. Kegiatan yang dilakukan adalah
 - a. memasang peralatan sistem peringatan dini di wilayah-wilayah laut yang berpotensi mengalami tsunami.
 - b. Melakukan pemetaan tingkat kerawanan bencana tsunami dan mensosialisasikannya kepada masyarakat.
 - c. Sosialisasi peristiwa bencana tsunami kepada masyarakat yang tinggal di wilayah-wilayah rawan bencana tsunami.
 - d. Menentukan jalur-jalur dan tempat evakuasi bagi penduduk yang tinggal di wilayah-wilayah rawan tsunami.
 - e. Menanam dan memelihara hutan, khususnya hutan mangrove di sepanjang pantai untuk menahan laju ombak.

Lembar Kerja Praktek 3

Modul 8:

Energi Terbarukan

PENDAHULUAN

Pada tahun 2010, banyak negara telah menyadari pentingnya memanfaatkan sumber-sumber Energi Terbarukan sebagai pengganti energi tidak terbarukan seperti minyak bumi, batubara dan gas yang telah menimbulkan dampak yang sangat merusak terhadap bumi. Dengan semakin menipisnya cadangan sumber energi tidak terbarukan, maka biaya untuk penambangannya akan meningkat, yang berdampak pada meningkatnya harga jual ke masyarakat. Pada saat yang bersamaan, energi tidak terbarukan akan melepaskan emisi karbon ke atmosfer, yang menjadi penyumbang besar terhadap pemanasan global.

banyak daerah pedalaman di Indonesia, solusi energi tidak terbarukan belum tersedia. Karena akses kepada jaringan PLN belum ada ataupun masih sangat terbatas. Daerah perdesaan ini sering menjadi tempat-tempat yang terisolasi dan bergantung kepada pemakaian energi tradisional yang tidak bisa diandalkan, seperti generator yang berbahan bakar minyak, kayu atau tabung LPG sebagai sumber energi yang digunakan untuk memasak, penerangan, serta kebutuhan listrik dasar lainnya. Solusi Energi Terbarukan menjadi jawaban terhadap permintaan kebutuhan pembangunan desa di Indonesia, serta mempromosikan solusi praktis dan berkelanjutan yang bisa langsung diadopsi oleh masyarakat pedesaan yang menjadi prioritas bagi bangsa Indonesia.

Ada banyak alasan mengapa energi terbarukan menjadi pilihan, diantaranya; relatif tidak mahal, bersifat netral karbon, kebanyakan tidak menimbulkan polusi dan semakin mendapatkan dukungan dari berbagai LSM (lembaga swadaya manusia) untuk menggantikan solusi energi tidak terbarukan berbasis bahan bakar minyak. Lebih lanjut, mengimplemantasikan teknologi ini dalam masyarakat pedesaan bisa memberikan peluang kemandirian kepada masyarakat pedesaan untuk mengelola dan mengupayakan kebutuhan energi mereka sendiri beserta solusinya.

Kegiatan Pembelajaran 1: Energi Terbarukan

KEMAMPUAN AKHIR YANG DIHARAPKAN

1. Mahasiswa mampu memahami tentang energi terbarukan
2. Mahasiswa mampu mengetahui aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari

URAIAN MATERI

A. Pengertian Energi Terbarukan

Energi terbarukan adalah sumber-sumber energi yang bisa habis secara alamiah. Energi terbarukan berasal dari elemen-elemen alam yang tersedia di bumi dalam jumlah besar, misal: matahari, angin, sungai, tumbuhan dsb. Energi terbarukan merupakan sumber energi paling bersih yang tersedia di planet ini.

Ada beragam jenis energi terbarukan, namun tidak semuanya bisa digunakan di daerah-daerah terpencil dan perdesaan. Tenaga Surya, Tenaga Angin, Biomassa dan Tenaga Air adalah teknologi yang paling sesuai untuk menyediakan energi di daerah-daerah terpencil dan perdesaan. Energi terbarukan lainnya termasuk Panas Bumi dan Energi Pasang Surut adalah teknologi yang tidak bisa dilakukan di semua tempat. Indonesia memiliki sumber panas bumi yang melimpah; yakni sekitar 40% dari sumber total dunia. Akan tetapi sumber-sumber ini berada di tempat-tempat yang spesifik dan tidak tersebar luas. Teknologi energi terbarukan lainnya adalah tenaga ombak, yang masih dalam tahap pengembangan.

B. Macam – Macam Energi Terbarukan

1. Energi Solar/ Energi Matahari

Matahari terletak berjuta-juta kilometer dari Bumi (149 juta kilometer) akan tetapi menghasilkan jumlah energi yang luar biasa banyaknya. Energi yang dipancarkan oleh matahari yang mencapai Bumi setiap menit akan cukup untuk memenuhi kebutuhan energi seluruh penduduk manusia di planet kita selama satu tahun, jika bisa ditangkap dengan benar.

Setiap hari, kita menggunakan tenaga surya, misal untuk mengeringkan pakaian atau mengeringkan hasil panen. Tenaga surya bisa dimanfaatkan dengan cara-cara lain: Sel Surya yang disebut dengan sel‘fotovoltaik’ yang mengkonversi cahaya matahari menjadi listrik secara langsung. Pada waktu memanfaatkan energi matahari untuk memanaskan air, panas matahari langsung dipakai untuk

dipompakan melalui pipa pada panel yang dilapisi cat hitam.

a. Cara Bekerja Energi Solar

Seperti yang dijelaskan sebelumnya, matahari merupakan stasiun tenaga nuklir yang sangat dahsyat yang telah menciptakan dan mempertahankan kehidupan di atas bumi dari awal kehidupan ini. Tenaga surya hadir dalam bentuk panas dan cahaya. Energi dalam bentuk panas bisa dipakai secara langsung maupun tidak langsung. Beberapa contoh dari pemakaian langsung adalah menghangatkan rumah, memasak dan menyediakan air panas. Sedangkan contoh pemakaian tidak langsung adalah pembangkit listrik tenaga dan angin. Bagaimana caranya? Panas matahari mempengaruhi cuaca, sehingga menimbulkan angin untuk menggerakkan turbin angin dan hujan untuk menggerakkan pembangkit listrik tenaga air (PLTA). Istilah lain yang digunakan untuk energi panas yang berasal dari matahari adalah Energi Thermal Matahari.

Cahaya merupakan bentuk lain dari energi yang terpancar dari matahari. Kita semua tahu bahwa tanpa cahaya matahari kita tidak bisa melihat. Kita menggunakan cahaya matahari untuk menjalankan kegiatan kita sehari-hari; ini merupakan pemakaian langsung atas cahaya yang berasal dari matahari. Ada hal yang menarik, cahaya juga bisa dikonversi menjadi tenaga listrik dengan menggunakan modul fotovoltaik yang disebut dengan modul PV atau panel surya. Prinsip untuk mengkonversi cahaya menjadi energi (yang berguna) juga dilakukan oleh alam melalui proses yang disebut dengan fotosintesis, di mana dedaunan hijau pada tanaman mengkonversi sinar matahari menjadi energi yang diperlukan tanaman agar tumbuh, dan jika dikonsumsi oleh manusia, inilah cara manusia memperoleh energi untuk tubuh kita.

b. Manfaat Tenaga Surya

- Manfaat Energi Fotovoltaik Matahari
 - ✓ Dioperasikan dengan tenaga surya yang tersedia secara cuma-cuma, sehingga menghemat biaya listrik dan bahan bakar minyak. Akan tetapi, ada biaya yang dikeluarkan untuk peralatan, instalasi, pemeliharaan dan depresiasi yang akan dikurangi oleh karena solusi ini menjadi lebih populer dan difasilitasi di Indonesia.
 - ✓ Tidak ada kekhawatiran pemadaman listrik.
 - ✓ Bebas gangguan, bebas polusi dan kedap suara, awet dan handal.
 - ✓ Mudah ditangani dan dioperasikan
- Manfaat Memakai Alat Masak Tenaga Surya

- ✓ Di era di mana biaya bahan bakar dalam negeri meningkat setiap tahun, makan alat masak tenaga surya menjadi hikmah tersendiri.
- ✓ Dengan harga yang wajar, mudah digunakan dan bebas gangguan sama
- ✓ sekali, alat masak menggunakan matahari merupakan suplemen yang ideal terhadap peralatan masak konvensional.
- ✓ Bisa digunakan hampir sepanjang tahun
- ✓ Tidak memerlukan bahan bakar minyak untuk memasak.
- ✓ Semua bahan bisa dimasak kecuali digoreng.
- ✓ Memasak dengan aman dan bersih.
- ✓ Memasak menggunakan matahari sama sekali bebas polusi dan tidak menimbulkan dampak merugikan terhadap kesehatan.
- ✓ Tidak perlu dijaga selama memasak karena prosesnya perlahan.
- ✓ Waktu memasak sekitar 1,5 hingga 2,5 jam.
- ✓ Makanan tetap panas selama wadah terbuat dari gelas tidak dibuka.
- ✓ Biaya operasi dan pemeliharaan hampir tidak ada.
- Manfaat Penggunaan Sistem Desalinasi Menggunakan Matahari
 - ✓ Menghasilkan air distilasi
 - ✓ Biayanya ternyata ekonomis
 - ✓ Bisa menyediakan air di tempat-tempat terpencil di mana air segar tidak tersedia dalam jumlah banyak.
- Manfaat Tenaga Surya Pasif
 - ✓ FTL yang sangat efisien (=fluorescent TL) CFL or LED bisa mengurangi konsumsi energi paling tidak 10%
 - ✓ Penerangan yang dihasilkan sangat mengurangi beban listrik puncak.
 - ✓ Teknologi penerangan yang efisien bisa dengan mudah menggantikan teknologi konvensional yang tidak efisien.
 - ✓ Potensi untuk mengurangi konsumsi energi dan pengurangan beban puncak sangat besar.
 - ✓ Sisi ekonominya sangat menarik.

c. Kerugian

- Biaya, Walaupun tenaga surya merupakan alternatif yang teruji selain jaringan PLN, tetapi biaya modal awalnya bisa menjadi penghalang bagi banyak pihak. Namun ada beberapa hibah yang tersedia, walaupun tidak memadai untuk mendorong investasi secara luas pada teknologi ini. Jika kita mampu mengurangi biaya peralatan tenaga surya sehingga memberikan manfaat kepada

orang-orang kebanyakan, maka kita pasti satu langkah lebih dekat menuju terjadinya revolusi energi.

- Pasokan terus menerus, Jika terjadi saat-saat tidak ada sinar matahari yang lebih lama, maka kemungkinan penggunaan solusi tenaga surya menjadi terbatas. Untungnya, teknologi terbaru ini memungkinkan lebih banyak energi matahari untuk ditangkap bahkan pada tingkat yang relatif kecil. Juga ada peluang untuk menciptakan sistem energi terbarukan *hybrid* yang memanfaatkan sinergi antara tenaga surya dan angin
- Lokasi yang tepat untuk panel surya merupakan hal terpenting dan tidak semua bangunan bisa memanfaatkan panel surya. Sebaiknya, panel harus menghadap ke arah selatan dan tidak boleh terhalang oleh apapun. Bangunan yang sangat rapat sangat merugikan pemanfaatan tenaga surya. Akan tetapi hal ini tidak akan menjadi masalah di daerah pedesaan di mana lokasi tidak akan merupakan masalah karena di lokasi ini hampir tidak ada bangunan yang rapat dan penghalang apapun.
- Pandangan orang awam dan instansi pemerintah, Persepsi orang mengenai tenaga surya adalah penting. Hingga potensi tenaga surya disadari oleh lebih banyak dunia bisnis dan komunitas, diberikan prioritas oleh pemerintahan setempat, maka pelaksanaan solusi tenaga surya yang lebih luas belum akan terjadi. Cerita-cerita keberhasilan mengenai manfaat tenaga surya perlu dikomunikasikan kepada para pengambil keputusan pada masyarakat pedesaan di Indonesia, untuk memberitahukan kepada mereka mengenai solusi ini. Bagi kebanyakan orang, solusi tenaga surya yang hemat masih bisa diterima. Tetapi karena harga minyak bumi terus meningkat, maka solusi tenaga surya yang hemat biaya akan menjadi solusi yang bisa dijalankan, khususnya untuk masyarakat pedesaan serta lokasi-lokasi yang tidak bisa diakses.

2. Tenaga Angin

Pada saat angin bertiup, angin disertai dengan energi kinetik (gerakan) yang bisa melakukan suatu pekerjaan. Contoh, perahu layar memanfaatkan tenaga angin untuk mendorongnya bergerak di air. Tenaga angin juga bisa dimanfaatkan menggunakan baling-baling yang dipasang di puncak menara, yang disebut dengan turbin angin yang akan menghasilkan energi mekanik atau listrik.

a. Cara Bekerja Tenaga Angin

Turbin angin memanfaatkan energi kinetik dari angin dan mengkonversinya

menjadi energi listrik. Ada dua jenis turbin angin yang utama:

- ✓ Turbin angin dengan poros horizontal
- ✓ Turbin angin dengan poros vertikal

Turbin angin adalah bagian dari sistem yang lebih besar. Komponen lainnya dinamakan komponen penyeimbang sistem/ *balance of system* (BOS) dan ada beberapa jenis tergantung kepada jenis sistem yang diinstalasi. Tiga jenis sistem energi angin yang utama bisa dibedakan.

- ✓ Sistem yang Terhubung ke jaringan PLN Jika jaringan PLN sudah ada di daerah tersebut, maka sistem energi angin bisa dihubungkan ke jaringan tersebut
- ✓ *Off grid* atau sistem berdiri sendiri Sistem tersebut bisa beroperasi tanpa topangan eksterior; sangat sesuai untuk penggunaan di daerah terpencil
- ✓ Sistem Listrik *Hybrid* Turbin angin sebaiknya digunakan dengan sumber-sumber energi lainnya (PV, generator diesel). Ini bisa meningkatkan produksi energi listrik dari sistem ini dan menurunkan resiko kekurangan energi.

b. Manfaat Tenaga Angin

- ✓ Turbin angin kecil berkapasitas 3kW mampu menghasilkan energi listrik hingga 7.000 kWh per tahun.
- ✓ Sumber energi primer secara cuma-cuma - angin
- ✓ Tenaga angin bisa dipadukan dengan tenaga surya untuk memasok energi pada malam hari pada saat tidak ada tenaga surya yang tersedia. Ini bisa membuat usia battery bank lebih lama.
- ✓ Dampak minimal pada lingkungan.
- ✓ Tidak menghasilkan limbah atau emisi.
- ✓ Turbin angin berkapasitas 3kW bisa menghindarkan dari emisi CO₂ hingga 5 ton per tahun.
- ✓ Memfasilitasi sumber pendapatan baru atau meningkatkan pendapatan dari usaha yang sudah ada.

c. Kerugian

- ✓ Memerlukan sumber angin yang cukup pada lokasi
- ✓ Angin yang tidak merata bisa menyebabkan produksi energi tidak konsisten
- ✓ Biaya modal yang tinggi

- ✓ Bising; ada indikasi bahwa suara bising berfrekuensi ultra rendah yang berasal dari turbin angin berpotensi merugikan manusia dan hewan.
- ✓ Kerusakan akibat petir dan burung yang bermigrasi.

3. Biomassa

Biomassa merupakan salah satu sumber energi yang telah digunakan orang sejak dari jaman dahulu kala: orang telah membakar kayu untuk memasak makanan selama ribuan tahun. Biomassa adalah semua benda organik (misal: kayu, tanaman pangan, limbah hewan & manusia) dan bisa digunakan sebagai sumber energi untuk memasak, memanaskan dan pembangkit listrik. Sumber energi ini bersifat terbarukan karena pohon dan tanaman pangan akan selalu tumbuh dan akan selalu ada limbah tanaman. Ada empat jenis biomassa:

- ✓ Bahan bakar padat limbah organik atau terurai didalam alam: Kayu serta limbah pertanian bisa dibakar dan digunakan untuk menghasilkan uap dan listrik. Banyak listrik yang digunakan oleh industri menghasilkan limbah yang bisa dipakai untuk menggerakkan mesin mereka sendiri (contoh: produsen furnitur).
- ✓ Bahan bakar padat limbah anorganik; Tidak semua limbah adalah organik; beberapa di antaranya bersifat anorganik, seperti plastik. Pembangkit listrik yang memanfaatkan sampah untuk menghasilkan energi disebut pembangkit listrik tenaga sampah. Pembangkit listrik ini bekerja dengan cara yang sama sebagai pembangkit listrik tenaga batubara, kecuali bahan bakar tersebut bukan bahan bakar fosil tetapi sampah yang bisa dibakar.
- ✓ Bahan Bakar Gas: Sampah yang ada di tempat pembuangan sampah akan membusuk dan menghasilkan gas metan. Jika gas metan tersebut ditampung, maka bisa langsung dimanfaatkan untuk dibakar yang menghasilkan panas untuk penggunaan praktis atau digunakan pada pembangkit listrik untuk menghasilkan listrik. Metan bisa juga dihasilkan dengan menggunakan kotoran hewan dan manusia dalam metode yang terkendali. Biodigester adalah wadah kedap udara di mana limbah atau kotoran difermentasi dalam kondisi tanpa oksigen melalui proses yang dinamakan pencernaan anaerob untuk menghasilkan gas yang mengandung banyak metan. Gas ini bisa dipakai untuk memasak, memanaskan & membangkitkan listrik.

Gasifikasi adalah proses untuk menghasilkan gas yang bisa dipakai sebagai bahan bakar untuk pembangkit listrik. Dalam proses gasifikasi, biomassa dengan biaya murah, seperti batubara atau limbah pertanian dibakar sebagian dan gas sintetis yang dihasilkan dikumpulkan dan digunakan untuk pemanas dan pembangkit listrik. Dengan menggunakan teknik lebih lanjut lagi, maka gas sintetis bisa dikonversi menjadi minyak solar sintetis/bahan bakar dari sumber hayati (biofuel) berkualitas tinggi, yang setara dengan minyak solar yang digunakan untuk menggerakkan mesin diesel konvensional

- ✓ **Bahan Bakar Hayati: Berbentuk Cair** Bahan bakar hayati adalah bahan bakar untuk kendaraan bermotor atau mesin. Bahan bakar ini bisa digunakan sebagai tambahan atau menggantikan bahan bakar konvensional untuk mesin. Bioethanol adalah alkohol yang dibuat melalui proses fermentasi gula yang terkandung pada tanaman pangan (contoh: tebu, ubi kayu atau jagung), dan digunakan sebagai tambahan untuk bensin. Biodiesel dibuat dari minyak sayur (misal: Minyak Sawit, *Jatropha Curcas*, Minyak Kelapa, atau Minyak Kedelai, atau Limbah Minyak Sayur. Biodiesel bisa digunakan sendiri atau sebagai tambahan pada mesin diesel tanpa memodifikasi mesin.

4. Tenaga Air

Tenaga air adalah energi yang diperoleh dari air yang mengalir atau air terjun. Air yang mengalir ke puncak baling-baling atau baling-baling yang ditempatkan di sungai, akan menyebabkan baling-baling bergerak dan menghasilkan tenaga mekanis atau listrik. Tenaga air sudah cukup dikembangkan dan ada banyak pembangkit listrik tenaga air (PLTA) yang menghasilkan listrik di seluruh Indonesia.

Pada umumnya, bendungan dibangun di seberang sungai untuk menampung air di mana sudah ada danau. Air selanjutnya dialirkan melalui lubang-lubang pada bendungan untuk menggerakkan baling-baling modern yang disebut dengan turbin untuk menggerakkan generator dan menghasilkan listrik. Akan tetapi, hampir semua program PLTA kecil di Indonesia merupakan program yang memanfaatkan aliran sungai dan tidak mengharuskan mengubah aliran alami air sungai.

5. Energi Panas Bumi

Energi panas bumi adalah energi panas yang berasal dari dalam Bumi. Pusat

Bumi cukup panas untuk melelehkan bebatuan. Tergantung pada lokasinya, maka suhu Bumi meningkat satu derajat Celsius setiap penurunan 30 hingga 50 m di bawah permukaan tanah. Suhu Bumi 3000 meter di bawah permukaan cukup panas untuk merebus air. Kadang-kadang, air bawah tanah merayap mendekati bebatuan panas dan menjadi sangat panas atau berubah menjadi uap.

Pembangkit listrik tenaga panas bumi (PLTPB) adalah seperti pembangkit listrik tenaga batu bara biasa, hanya tidak memerlukan bahan bakar. Uap atau air panas langsung berasal dari bawah tanah dan menggerakkan turbin yang dihubungkan dengan generator yang menghasilkan listrik. Lubang-lubang dibor ke dalam tanah dan uap atau air panas keluar dari pipa-pipa dialirkan ke pembangkit listrik tenaga panas bumi untuk menghasilkan listrik.

Tenaga panas bumi bersifat terbarukan selama air yang diambil dari Bumi dimasukkan kembali secara terus-menerus ke dalam tanah setelah didinginkan di pembangkit listrik. Tidak banyak tempat di mana PLTPB bisa dibangun, karena perlu menemukan lokasi dengan jenis bebatuan yang sesuai dengan kedalaman di mana memungkinkan untuk melakukan pemboran ke dalam tanah dan mengakses panas yang tersimpan.

6. Energi Pasang Surut

Dua kali sehari, air pasang naik dan turun menggerakkan volume air yang sangat banyak saat tingkat air laut naik dan turun di sepanjang garis pantai. Energi air pasang bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik seperti halnya listrik tenaga air tetapi dalam skala yang lebih besar. Pada saat air pasang, air bisa ditahan di belakang bendungan.

Ketika surut, maka tercipta perbedaan ketinggian air antara air pasang yang ditahan di bendungan dan air laut, dan air laut di belakang bendungan bisa mengalir melalui turbin yang berputar, untuk menghasilkan listrik. Memang tidak mudah membangun penahan air pasang ini, karena pantai harus terbentuk secara alami dalam bentuk kuala, dan hanya 20 lokasi di seluruh dunia yang telah diidentifikasi sebagai tempat yang berpotensi untuk dimanfaatkan energi pasang surut.

7. Tenaga Ombak

Ombak laut yang selalu beralun disebabkan oleh angin yang meniup di atas laut. Ombak laut memiliki potensi menjadi sumber energi yang hebat jika bisa dimanfaatkan dengan benar. Ada beberapa metode untuk memanfaatkan energi ombak. Ombak bisa ditangkap dan dinaikkan ke bilik dan udara dikeluarkan

paksa dari bilik tersebut. Udara yang bergerak menggerakkan turbin (seperti turbin angin) yang menggerakkan generator untuk menghasilkan listrik.

Sistem energi ombak yang lain adalah memanfaatkan gerakan naik turun ombak untuk menggerakkan piston yang bisa menggerakkan generator. Tidak mudah untuk menghasilkan listrik dari ombak dalam jumlah besar. Lagipula memindahkan energi tersebut ke pantai merupakan kesulitan tersendiri. Inilah sebabnya sistem tenaga ombak sejauh ini belum lazim.

C. Keuntungan dan Kerugian

1. Keuntungan

- ✓ Tersedia secara melimpah
- ✓ Lestari tidak akan habis
- ✓ Ramah lingkungan (rendah atau tidak ada limbah dan polusi)
- ✓ Sumber energi bisa dimanfaatkan secara cuma-cuma dengan investasi teknologi yang sesuai
- ✓ Tidak memerlukan perawatan yang banyak dibandingkan dengan sumber-sumber energi konvensional dan mengurangi biaya operasi.
- ✓ Membantu mendorong perekonomian dan menciptakan peluang kerja
- ✓ Mandiri energi tidak perlu mengimpor bahan bakar fosil dari negara ketiga
- ✓ Lebih murah dibandingkan energi konvensional dalam jangka panjang
- ✓ Bebas dari fluktuasi harga pasar terbuka bahan bakar fosil
- ✓ Beberapa teknologi mudah digunakan di tempat-tempat terpencil
- ✓ Distribusi Energi bisa diproduksi di berbagai tempat, tidak tersentralisir.

2. Kerugian

- ✓ Biaya awal besar
- ✓ Kehandalan pasokan Sebagian besar energi terbarukan tergantung kepada kondisi cuaca.
- ✓ Saat ini, energi konvensional menghasilkan lebih banyak volume yang bisa digunakan dibandingkan dengan energi terbarukan.
- ✓ Energi tambahan yang dihasilkan energi terbarukan harus disimpan, karena infrastruktur belum lengkap agar bisa dengan segera menggunakan energi yang belum terpakai, dijadikan cadangan di negara-negara lain dalam bentuk akses terhadap jaringan listrik.
- ✓ Kurangnya tradisi/pengalaman Energi terbarukan merupakan teknologi yang masih berkembang

- ✓ Masing-masing energi terbarukan memiliki kekurangan teknis dan sosialnya sendiri.

Contoh Soal 8.1: apakah yang di maksud dengan energi terbarukan?

Jawab: Energi terbarukan adalah sumber-sumber energi yang bisa habis secara alamiah. Energi terbarukan berasal dari elemen-elemen alam yang tersedia di bumi dalam jumlah besar, misal: matahari, angin, sungai, tumbuhan dsb. Energi terbarukan merupakan sumber energi paling bersih yang tersedia di planet ini.

PENUGASAN KELAS

1. Bentuklah kelompok dan diskusikan mengapa energi terbarukan sangat diperlukan sekarang ini?
2. Apakah yang kamu lakukan untuk menjaga energi terbarukan?

RANGKUMAN

1. Energi terbarukan adalah sumber-sumber energi yang bisa habis secara alamiah. Energi terbarukan berasal dari elemen-elemen alam yang tersedia di bumi dalam jumlah besar, misal: matahari, angin, sungai, tumbuhan dsb. Energi terbarukan merupakan sumber energi paling bersih yang tersedia di planet ini.
2. Ada beragam jenis energi terbarukan, namun tidak semuanya bisa digunakan di daerah-daerah terpencil dan perdesaan. Tenaga Surya, Tenaga Angin, Biomassa dan Tenaga Air adalah teknologi yang paling sesuai untuk menyediakan energi di daerah-daerah terpencil dan perdesaan. Energi terbarukan lainnya termasuk Panas Bumi dan Energi Pasang Surut adalah teknologi yang tidak bisa dilakukan di semua tempat. Gempa bumi adalah getaran yang terjadi permukaan bumi yang disebabkan adanya kekuatan dari dalam bumi.
3. Cahaya merupakan bentuk lain dari energi yang terpancar dari matahari. Kita semua tahu bahwa tanpa cahaya matahari kita tidak bisa melihat. Kita menggunakan cahaya matahari untuk menjalankan kegiatan kita sehari-hari; ini merupakan pemakaian langsung atas cahaya yang berasal dari matahari.
4. Pada saat angin bertiup, angin disertai dengan energi kinetik (gerakan) yang bisa melakukan suatu pekerjaan. Contoh, perahu layar memanfaatkan tenaga angin

untuk mendorongnya bergerak di air. Tenaga angin juga bisa dimanfaatkan menggunakan baling-baling yang dipasang di puncak menara, yang disebut dengan turbin angin yang akan menghasilkan energi mekanik atau listrik

5. Biomassa merupakan salah satu sumber energi yang telah digunakan orang sejak dari jaman dahulu kala: orang telah membakar kayu untuk memasak makanan selama ribuan tahun. Biomassa adalah semua benda organik (misal: kayu, tanaman pangan, limbah hewan & manusia) dan bisa digunakan sebagai sumber energi untuk memasak, memanaskan dan pembangkit listrik. Berdasarkan jarak episentrumnya, dibedakan dua macam gempa, yaitu gempa dekat (lokal), dan gempa jauh, jarak episentrumnya lebih dari 10.000 m.
6. Tenaga air adalah energi yang diperoleh dari air yang mengalir atau air terjun. Air yang mengalir ke puncak baling-baling atau baling-baling yang ditempatkan di sungai, akan menyebabkan baling-baling bergerak dan menghasilkan tenaga mekanis atau listrik. Tenaga air sudah cukup dikembangkan dan ada banyak pembangkit listrik tenaga air (PLTA) yang menghasilkan listrik di seluruh Indonesia.
7. Energi panas bumi adalah energi panas yang berasal dari dalam Bumi. Pusat Bumi cukup panas untuk melelehkan bebatuan. Tergantung pada lokasinya, maka suhu Bumi meningkat satu derajat Celsius setiap penurunan 30 hingga 50 m di bawah permukaan tanah. Suhu Bumi 3000 meter di bawah permukaan cukup panas untuk merebus air. Beberapa pemanfaatan sumber daya alam gunungapi, antara lain: 1) sumber daya bahan galian dan mineral; 2) sumber daya panas bumi; 3) sumber daya wisata gunungapi.
8. Air pasang naik dan turun menggerakkan volume air yang sangat banyak saat tingkat air laut naik dan turun di sepanjang garis pantai. Energi air pasang bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik seperti halnya listrik tenaga air tetapi dalam skala yang lebih besar. Pada saat air pasang, air bisa ditahan di belakang bendungan.
9. Ombak laut yang selalu beralun disebabkan oleh angin yang meniup di atas laut. Ombak laut memiliki potensi menjadi sumber energi yang hebat jika bisa dimanfaatkan dengan benar. Ada beberapa metode untuk memanfaatkan energi ombak. Ombak bisa ditangkap dan dinaikkan ke bilik dan udara dikeluarkan paksa dari bilik tersebut.
10. Sistem energi ombak yang lain adalah memanfaatkan gerakan naik turun ombak untuk menggerakkan piston yang bisa menggerakkan generator

TUGAS FORMATIF 1

1. Jelaskan manfaat energi fotovoltalik matahari?
2. Jelaskan apa yang dimaksud dengan energi air?
3. Jelaskan apa yang di maksud dengan energi angin?
4. tuliskan manfaat energi terbarukan?
5. jelaskan apa yang dimaksud dengan energi panas bumi?
6. jelaskan apa saja kerugian jika energi terbarukan diterapkan?

KUNCI JAWABAN

1. Dioperasikan dengan tenaga surya yang tersedia secara cuma-cuma, sehingga menghemat biaya listrik dan bahan bakar minyak. Akan tetapi, ada biaya yang dikeluarkan untuk peralatan, instalasi, pemeliharaan dan depresiasi yang akan dikurangi oleh karena solusi ini menjadi lebih populer dan difasilitasi di Indonesia, Tidak ada kekhawatiran pemadaman listrik, Bebas gangguan, bebas polusi dan kedap suara, awet dan handal, Mudah ditangani dan dioperasikan.
2. Tenaga air adalah energi yang diperoleh dari air yang mengalir atau air terjun. Air yang mengalir ke puncak baling-baling atau baling-baling yang ditempatkan di sungai, akan menyebabkan baling-baling bergerak dan menghasilkan tenaga mekanis atau listrik. Tenaga air sudah cukup dikembangkan dan ada banyak pembangkit listrik tenaga air (PLTA) yang menghasilkan listrik di seluruh Indonesia.
3. Pada saat angin bertiup, angin disertai dengan energi kinetik (gerakan) yang bisa melakukan suatu pekerjaan. Contoh, perahu layar memanfaatkan tenaga angin untuk mendorongnya bergerak di air. Tenaga angin juga bisa dimanfaatkan menggunakan baling-baling yang dipasang di puncak menara, yang disebut dengan turbin angin yang akan menghasilkan energi mekanik atau listrik
4. Manfaat energi terbarukan
 - ✓ Tersedia secara melimpah
 - ✓ Lestari tidak akan habis
 - ✓ Ramah lingkungan (rendah atau tidak ada limbah dan polusi)
 - ✓ Sumber energi bisa dimanfaatkan secara cuma-cuma dengan investasi teknologi yang sesuai

- ✓ Tidak memerlukan perawatan yang banyak dibandingkan dengan sumber-sumber energi konvensional dan mengurangi biaya operasi.
 - ✓ Membantu mendorong perekonomian dan menciptakan peluang kerja
 - ✓ Mandiri energi tidak perlu mengimpor bahan bakar fosil dari negara ketiga
 - ✓ Lebih murah dibandingkan energi konvensional dalam jangka panjang
 - ✓ Bebas dari fluktuasi harga pasar terbuka bahan bakar fosil
 - ✓ Beberapa teknologi mudah digunakan di tempat-tempat terpencil
 - ✓ Distribusi Energi bisa diproduksi di berbagai tempat, tidak tersentralisir.
5. Energi panas bumi adalah energi panas yang berasal dari dalam Bumi. Pusat Bumi cukup panas untuk melelehkan bebatuan. Tergantung pada lokasinya, maka suhu Bumi meningkat satu derajat Celsius setiap penurunan 30 hingga 50 m di bawah permukaan tanah. Suhu Bumi 3000 meter di bawah permukaan cukup panas untuk merebus air. Beberapa pemanfaatan sumber daya alam gunungapi, antara lain: 1) sumber daya bahan galian dan mineral; 2) sumber daya panas bumi; 3) sumberdaya wisata gunung api.
6. kerugiannya adalah sebagai berikut
- a. Biaya awal besar
 - b. Kehandalan pasokan Sebagian besar energi terbarukan tergantung kepada kondisi cuaca.
 - c. Saat ini, energi konvensional menghasilkan lebih banyak volume yang bisa digunakan dibandingkan dengan energi terbarukan.
 - d. Energi tambahan yang dihasilkan energi terbarukan harus disimpan, karena infrastruktur belum lengkap agar bisa dengan segera menggunakan energi yang belum terpakai, dijadikan cadangan di negara-negara lain dalam bentuk akses terhadap jaringan listrik.
 - e. Kurangnya tradisi/pengalaman Energi terbarukan merupakan teknologi yang masih berkembang
 - f. Masing-masing energi terbarukan memiliki kekurangan teknis dan sosialnya sendiri.

Lembar Kerja Praktek 1

Kegiatan Pembelajaran 2: Bioenergi

KEMAMPUAN AKHIR YANG DIHARAPKAN

1. Mahasiswa mampu memahami tentang Bioenergi
2. Mahasiswa mengetahui bagaimana cara menjaga lingkungan supaya dapat di manfaatkan untuk mendapat energi terbarukan

URAIAN MATERI

A. Biomassa

1. Pengertian Biomassa

Biomassa adalah material biologis yang berasal dari suatu kehidupan, atau organisme yang masih hidup yang berstruktur karbon dan campuran kimiawi bahan organik yang mengandung hidrogen, nitrogen, oksigen, dan sejumlah kecil dari atom - atom & elemen-elemen lainnya. Namun, istilah biomassa tidak termasuk untuk bahan organik seperti bahan bakar fosil (batubara, minyak bumi) karena bahan ini berasal dari organisme yang telah lama mati dan karbon yang telah keluar dari atmosfer selama jutaan tahun.

Ketika kita berbicara mengenai biomassa sebagai sumber energi, istilah biomassa sering digunakan untuk bahan berbasis tanaman seperti arang, kayu bakar, sampah kebun, serpihan kayu dan residu hutan seperti pohon mati, cabang dan tunggul pohon. Belakangan ini, energi tanaman dan residu pertanian juga digunakan sebagai biomassa.

2. Sumber Biomassa

Material bernilai tinggi di pasaran, seperti kayu unggulan, tidak mungkin digunakan untuk konversi ke bahan bakar. Namun, ada kategori-kategori bahan lainnya yang dapat digunakan dengan biaya relatif rendah. Yaitu Kayu mentah (diantaranya kayu yang belum diolah secara kimiawi). Kayu dari pohon adalah biomassa yang telah digunakan selama berabad-abad dan karena itu wajar untuk menganggap pepohonan sebagai tanaman penghasil energi potensial. Biomassa yang diperoleh dari praktek kehutanan seperti penjarahan dan pemangkasan dari pengelolaan taman hutan, kebun dan kulit kayu, kayu balok, serbuk gergaji, palet kayu dan briket.

Tanaman-tanaman Penghasil Energi: adalah tanaman yang ditanam khusus

sebagai bahan bakar. Terdapat 4 jenis utama tanaman penghasil energi:

1. Tanaman penghasil energi berotasi pendek - rotasi tanam pendek mempercepat panen dari pepohonan yang tumbuh untuk biomassa menjadi hanya beberapa tahun. Karena batang yang dipanen berusia muda, biomassa yang dihasilkan cenderung memiliki proporsi kulit pohon yang tinggi.
2. Rumput & tanaman - tanaman penghasil energi non kayu - tanaman tahunan yang dapat menawarkan hasil yang tinggi seperti Miskantus, Switchgrass, Alang-alang Kenari, Alang-alang raksasa, rami, dll.
3. Tanaman - tanaman pertanian penghasil energi - Tanaman- tanaman ini sudah dikenal baik oleh petani. Termasuk di dalamnya, tanaman penghasil gula seperti bit gula dan tebu; Tanaman pati seperti gandum, jagung dan kentang; Tanaman penghasil minyak seperti minyak rapa atau bahkan limbah minyak nabati.
4. Tanaman yang hidup di air / tanaman hidroponik - Baik ganggang mikro dan makro seperti rumput laut dan kelps. Gulma kolam dan danau juga termasuk dalam tanaman air. Namun tanamantanaman ini mempunyai kadar air yang tinggi sehingga perlu dikeringkan sebelum digunakan.

a. Limbah Pertanian

Banyak tanaman pertanian dan peternakan menghasilkan limbah dan residu yang dapat digunakan langsung untuk pupuk pertanian di mana mereka berasal, sehingga meminimalkan transportasi. Residu dari panen atau pengolahan pertanian terdiri dari berbagai macam jenis, yang paling signifikan adalah jenis residu kering dan basah. Residu kering terkandung dalam jerami atau sekam seperti ampas dari produksi tebu dan sekam dari biji-bijian; residu kering juga termasuk bulu unggas dan bulu hewan yang sering digunakan sebagai peralatan tidur. Residu basah seperti kotoran hewan, pupuk kandang dan silase (hijauan makanan ternak yang di fermentasi) memiliki kadar air yang tinggi sehingga sesuai untuk proses penguraian anaerobik. Residu basah sulit dan mahal untuk ditransportasikan, sehingga sebaiknya diproses berdekatan dengan tempat produksi menggunakan proses biomassa yang memanfaatkan penguraian anaerobik.

b. Limbah makanan

Limbah makanan adalah residu dan limbah dari proses awal produksi, pengolahan, penanganan dan distribusi sampai pascakonsumsi dari hotel, restoran dan rumah tangga. Banyak bahan makanan diproses dengan cara

menghilangkan bagian yang tidak dapat dimakan atau yang tidak diinginkan seperti kulit, cangkang, sekam, bagian tengah, biji, kepala, pulp dari ekstraksi sari buah dan minyak, dan lain-lain. Proses pemasakan makanan meninggalkan residu dan limbah seperti minyak goreng bekas yang dapat digunakan untuk membuat biodiesel. Sisa makanan juga dapat dibagi menjadi limbah kering dan basah, namun sebagian besar mempunyai kadar air yang relatif tinggi sehingga cocok untuk penguraian anaerobik pada produksi biogas. Limbah dengan tingkat gula atau pati yang tinggi cocok untuk fermentasi bioetanol. Limbah Industri atau produk turunan yang dihasilkan oleh kebanyakan proses industri dan manufaktur memiliki potensi untuk dikonversi menjadi bahan bakar biomassa. Kesemua ini nantinya dapat dibagi lagi menjadi bahan kayu dan non-kayu. Endapan kotoran dapat dikeringkan dan digunakan pada proses pembakaran, gasifikasi atau pirolisis (dekomposisi melalui pemanasan). Namun karena biomassa ini memiliki kadar air yang tinggi, penguraian anaerob adalah pilihan yang menarik karena tidak memerlukan proses pengeringan.

3. Proses Pra-Pengolahan Sebelum Konversi Biomassa Menjadi Bahan Bakar

- a. Penanganan mencakup pemotongan dengan panjang seragam, perajangan, penggilingan atau pencacahan.
- b. Pengeringan, mengurangi kadar air. Pengeringan dapat dibagi menjadi 3 tipe
 - ✓ Pengeringan pasif, adalah metode pengeringan yang biasanya termurah, memerlukan peralatan tambahan atau energi eksternal minimal, tetapi juga paling lambat. Metode ini dapat digunakan untuk mencapai kadar air 25- 30%. Namun, jika dibutuhkan pengurangan kadar air yang lebih besar, diperlukan pengeringan aktif.
 - ✓ Pengeringan Aktif memerlukan asupan energi eksternal seperti angin atau konveksi udara, dikombinasikan dengan ventilasi yang baik, bersama dengan kipas angin atau blower dan biasanya dengan sistem pemanas.
 - ✓ Campuran - Jika ada dua jenis bahan dan salah satunya sangat kering, campur bahan ini dengan bahan berkadar air yang lebih tinggi untuk mengurangi tingkat rata-rata kelembaban
- Penyimpanan. Tempat penyimpanan biomassa harus dirancang dengan baik dan dibangun untuk sejumlah fungsi. Penyimpanan tersebut harus mampu menjaga bahan bakar tetap dalam kondisi yang baik, terutama melindunginya dari kelembaban.

4. Proses konversi biomassa untuk energi yang berguna

Terdapat sejumlah opsi teknologi yang tersedia untuk mengolah berbagai jenis biomassa menjadi sumber energi terbarukan. Teknologi konversi dapat melepaskan energi secara langsung, dalam bentuk panas atau listrik atau mengubahnya ke bentuk lain, seperti biofuel atau biogas.

- a. Thermal Conversion - Konversi Termal - Proses yang mencakup pembakaran dan gasifikasi untuk menghasilkan Listrik dan gas sintetik.
- b. Combined Heat And Power (Chp) - Gabungan Panas Dan Energi atau cogeneration adalah proses di mana biomassa digunakan untuk bahan bakar mesin CHP untuk pembangkit listrik simultan dan panas. Tri-generasi adalah ekstensi lanjut untuk memasukkan suatu proses pendingin untuk pengkondisian udara juga.
- c. Co-Firing - Pembakaran bersama adalah proses penggantian bahan bakar fosil yang dipasok ke pembangkit listrik atau boiler dengan energi alternatif terbarukan seperti minyak nabati (terutama kelapa). Biofuel potensial lainnya seperti minyak tall dari industri kertas (kayu pinus), minyak pirolisis atau gas sintetik juga dapat digunakan. menghasilkan beberapa kW, hingga boiler yang canggih dan mampu memanaskan seluruh ruangan melalui skema pemanasan distrik, dan dengan output berskala MW atau lebih menghasilkan beberapa kW, hingga boiler yang canggih dan mampu memanaskan seluruh ruangan melalui skema pemanasan distrik, dan dengan output berskala MW atau lebih.
- d. Konversi Biokimia –Transesterifikasi atau mengkonversi minyak nabati murni atau sampahnya ke Biodiesel -Fermentasi gula dan tanaman kaya pati menjadi Etanol -Penguraian anaerobik untuk menghasilkan Biogas.

5. Jenis Sistem Digunakan

- a. Tungku Dan Boiler Cara termudah menggunakan berbagai bentuk biomassa untuk energi adalah dengan membakarnya. Pembakaran yang dilakukan di ruangan tertutup di mana aliran udara dibatasi, akan jauh lebih efisien daripada pembakaran di tempat terbuka. Ruangan tertutup ini dapat digunakan untuk menyediakan panas untuk ruangan itu sendiri (kompor), atau dengan memanaskan air dan memompanya melalui pipa, dapat menyediakan panas untuk beberapa ruangan, dan / atau air panas domestik (boiler). Sistem pemanas yang menggunakan biomassa dapat terbuat dari apa saja dimulai dari kompor sangat sederhana yang

menghasilkan beberapa kW, hingga boiler yang canggih dan mampu memanaskan seluruh ruangan melalui skema pemanasan distrik, dan dengan output berskala MW atau lebih.

- b. Biomassa Gasifikasi Alat produksi gas adalah perangkat sederhana yang terdiri dari suatu wadah silinder untuk ruang bahan baku, saluran udara masuk, saluran gas keluar dan saringan. Perangkat gasifikasi skala kecil dapat terbuat dari bata tahan api, baja / beton atau drum minyak tergantung pada jenis bahan bakar yang digunakan. Unit lainnya yang membentuk keseluruhan sistem gasifikasi biomassa adalah unit pemurnian dan konverter energi seperti pembakar atau mesin pembakaran internal.
- c. Penguraian Anaerobik Biomassa yang berkadar air tinggi lebih cocok menggunakan penguraian anaerobik. Proses biologis ini terjadi di dalam sebuah perangkat pengurai dan menghasilkan biogas yang terdiri dari Metana (CH_3) dan CO_2 . Metana dapat digunakan untuk pemanas atau memasak, untuk menjalankan mesin pembakaran internal gabungan panas dan tenaga (CHP) atau gas dapat dimurnikan, dipadatkan dan digunakan untuk menggantikan aplikasi gas alam konvensional.

6. Emisi Dari Konversi Biomassa

- a. Pembakaran biomassa atau bahan bakar lainnya secara tidak tepat, pada peralatan dengan perawatan yang buruk atau di bawah kondisi pengoperasian yang buruk dapat menimbulkan sejumlah potensi emisi.
- b. Perhatian utama mengenai emisi dan dampak dari sistem pembakaran terhadap kualitas udara berhubungan dengan karbon dioksida (CO_2), karbon monoksida (CO), x oksida nitrogen (NO_x), Sulfur dioksida (SO_2), dan partikel-partikel kecil (PM_{10} dan $\text{PM}_{2.5}$, yakni partikel yang masing-masing lebih kecil dari 10 mikron dan 2,5 mikron).
- c. Apakah pembakaran secara langsung atau dalam gasifikasi, sumber daya biomassa tetap menghasilkan emisi. Namun emisi ini bervariasi tergantung pada teknologi, bahan bakar yang tepat & peralatan yang digunakan.
- d. Jika kayu merupakan sumber biomassa primer, sedikit Sulfur Dioksida (SO_2) yang dilepaskan, sekitar 20 mg / MJ.
- e. Emisi Nitrous Oksida (NO_x) bervariasi tergantung pada desain dan kontrol fasilitas pembakaran (berkisar kurang lebih 60 mg / MJ untuk

- boiler kecil sampai dengan 170 mg / MJ untuk boiler yang lebih besar)
- f. Karbon monoksida (CO) juga dipancarkan - terkadang pada tingkat lebih tinggi dari pembangkit listrik batubara.
 - g. Tanaman Biomassa juga melepaskan 2 karbon dioksida (CO₂), gas utama rumah kaca. Namun seperti yang dijelaskan sebelumnya, hal ini dapat ditanggulangi dengan penyerapan karbon oleh tanaman rotasi pendek dan pohon dengan pertumbuhan yang cepat.
 - h. Hal lain yang berhubungan dengan kualitas udara pada lingkungan biomassa adalah kandungan partikel. Sampai saat ini, tidak ada fasilitas biomassa yang telah menginstalasi kontrol emisi partikel yang mutakhir.

B. BIOFUEL

Biofuel adalah bahan bakar yang digunakan untuk memasak, tenaga listrik, pemanasan dan transportasi. Biomassa adalah bahan baku yang digunakan untuk membuat bahan bakar ini. Biomassa padat digunakan sebagai bahan bakar untuk memasak, pemanas, dan sebagai bahan bakar untuk boiler di industri kecil dan menengah. Biomassa padat juga dapat diubah menjadi bahan bakar gas dan cair seperti biogas, bio-diesel, bio-ethanol dan gas sintetis.

Umumnya sebagian besar jenis biofuel dibuat dari minyak nabati baku yang diperoleh dari pertanian tersendiri. Ini termasuk Jagung, Kedelai, Biji Rami, Tebu, Minyak Kelapa Sawit, Biji Jarak dan Kelapa. Saat ini Indonesia fokus pada pengembangan biofuels cair yang berasal dari jarak, Minyak Kelapa Sawit, dan Tebu. Biofuel seperti biogas & gas buatan dapat berasal dari limbah biologi seperti jerami, kayu, pupuk kandang, sekam padi, dan sisa makanan. Limbah semacam ini biasanya banyak menjadi limbah pertanian di daerah yang akses listriknya terbatas.

- a. Biofuels berasal dari minyak nabati yang pada dasarnya mudah ditanam. Ini berarti biofuel adalah sumber daya berkelanjutan yang tidak akan habis. Jika membutuhkan lebih banyak, maka hanya perlu menanam lebih banyak. Minyak diesel berasal dari minyak mentah, yang terbatas dan akhirnya akan habis.
- b. Manfaat Ekonomi Harga: minyak solar dan derivatif minyak bumi lainnya terus meningkat. Setiap tahun, konsumsi minyak bertambah sedangkan cadangan minyak terus berkurang. Selain itu, masalah politik, perang atau krisis internasional turut membuat harga minyak melambung. Tingginya harga minyak bumi menaikkan harga-harga komoditas dan

orang-orang termiskinlah yang mendapat pengaruh terburuk. Sehingga mengurangi beban bangsa pada impor minyak bumi dengan memperluas penggunaan biofuel dapat mengontrol harga-harga sampai batas tertentu.

- c. Manfaat Sosial Kenaikan :Penggunaan biofuel meningkatkan peluang kerja bagi masyarakat pedesaan, mengingat produksi biofuel perlu dilakukan di dekat area produksi bahan baku untuk menghindari tingginya biaya transportasi bahan baku yang biasanya berukuran besar. Petani juga dapat memproduksi bahan bakar sendiri.
- d. Manfaat terhadap lingkungan: Efek rumah kaca telah membuat planet kita bertambah panas dikarenakan peningkatan karbon dioksida di atmosfer (untuk setiap galon 2 bahan bakar yang dibakar, sekitar 20 pon CO dilepaskan di atmosfer). Pembakaran produkproduk derivatif minyak bumi berkontribusi terhadap pemanasan iklim global dan meningkatkan kadar karbon dioksida di atmosfer. Biofuel adalah bahan bakar ramah lingkungan, jika dikelola secara baik, maka emisi yang dihasilkan mesin dapat berkurang drastis. Biofuels juga tidak beracun dan dapat terurai secara biologis.
- e. Penggunaan Biofuel yang tidak 2 mengakibatkan perubahan jumlah CO secara keseluruhan di atmosfer. Tanaman asal Biofuel 2 diekstrak, mengambil CO dari atmosfer untuk 2 tumbuh. Ketika Biofuel dibakar, CO dilepaskan kembali ke atmosfer, hanya untuk diambil kembali untuk pertumbuhan tanaman. Di seluruh dunia, terdapat lahan tanam yang dapat menghasilkan berbagai variasi dari minyak tumbuhan, terutama di tanah yang kurang produktif dan biaya produksi yang rendah, Selain itu bahkan jika ditanam di lahan pertanian, petani melakukan rotasi tanaman di tanahnya, sehingga memberikan nutrisi ke dalam tanah.

C. Sumber Untuk Biofuel

Sumber potensi limbah biomassa di Indonesia berasal dari: Sektor kehutanan: 15.450.000 m³ /tahun; Tanaman perkebunan: 64 juta ton / tahun; Pertanian: 144,5 ton / tahun dan limbah padat perkotaan: 4.135.450 ton / tahun. Sebagai contoh, kelapa sawit. Tanaman ini adalah tanaman yang serbaguna. Minyak kelapa sawit digunakan untuk produksi etanol dan methanol Cangkang buah kelapa sawit dapat dikonversi ke arang briket untuk digunakan dalam industri semen dan pembangkit listrik. Limbah cair dari pemerosesan minyak sawit efluen dapat dikonversi menjadi Biogas dan digunakan untuk bahan bakar

mesin biogas untuk menghasilkan listrik.

Contoh Soal 8.2: jelaskan pengertian Biomassa?

Jawab : Biomassa adalah material biologis yang berasal dari suatu kehidupan, atau organisme yang masih hidup yang berstruktur karbon dan campuran kimiawi bahan organik yang mengandung hidrogen, nitrogen, oksigen, dan sejumlah kecil dari atom-atom & elemen-elemen lainnya. Namun, istilah biomassa tidak termasuk untuk bahan organik seperti bahan bakar fosil (batubara, minyak bumi) karena bahan ini berasal dari organisme yang telah lama mati dan karbon yang telah keluar dari atmosfer selama jutaan tahun.

PENUGASAN KELAS

1. Diskusikanlah dalam kelompok kecil apa dampak biomassa bagi kehidupan sehari-hari?
2. Bentuklah kelompok kecil dan diskusikanlah apa dampak biofeul bagi kehidupan sehari-hari?

RANGKUMAN

1. Biomassa adalah material biologis yang berasal dari suatu kehidupan, atau organisme yang masih hidup yang berstruktur karbon dan campuran kimiawi bahan organik yang mengandung hidrogen, nitrogen, oksigen, dan sejumlah kecil dari atom-atom & elemen-elemen lainnya. Namun, istilah biomassa tidak termasuk untuk bahan organik seperti bahan bakar fosil (batubara, minyak bumi) karena bahan ini berasal dari organisme yang telah lama mati dan karbon yang telah keluar dari atmosfer selama jutaan tahun.
2. Kayu dari pohon adalah biomassa yang telah digunakan selama berabad-abad dan karena itu wajar untuk menganggap pepohonan sebagai tanaman penghasil energi potensial. Biomassa yang diperoleh dari praktek kehutanan seperti penjarahan dan pemangkasan dari pengelolaan taman hutan, kebun dan kulit kayu, kayu balok, serbuk gergaji, palet kayu dan briket.
3. Banyak tanaman pertanian dan peternakan menghasilkan limbah dan residu yang dapat digunakan langsung untuk pupuk pertanian di mana mereka berasal, sehingga

meminimalkan transportasi. Residu dari panen atau pengolahan pertanian terdiri dari berbagai macam jenis, yang paling signifikan adalah jenis residu kering dan basah.

4. Biofuel adalah bahan bakar yang digunakan untuk memasak, tenaga listrik, pemanasan dan transportasi. Biomassa adalah bahan baku yang digunakan untuk membuat bahan bakar ini. Biomassa padat digunakan sebagai bahan bakar untuk memasak, pemanas, dan sebagai bahan bakar untuk boiler di industri kecil dan menengah. Biomassa padat juga dapat diubah menjadi bahan bakar gas dan cair seperti biogas, bio-diesel, bio-ethanol dan gas sintetis.
5. Biofuels berasal dari minyak nabati yang pada dasarnya mudah ditanam. Ini berarti biofuel adalah sumber daya berkelanjutan yang tidak akan habis. Jika membutuhkan lebih banyak, maka hanya perlu menanam lebih banyak. Minyak diesel berasal dari minyak mentah, yang terbatas dan akhirnya akan habis.
6. Penggunaan Biofuel yang tidak 2 mengakibatkan perubahan jumlah CO secara keseluruhan di atmosfer. Tanaman asal Biofuel 2 diekstrak, mengambil CO dari atmosfer untuk 2 tumbuh. Ketika Biofuel dibakar, CO dilepaskan kembali ke atmosfer, hanya untuk diambil kembali untuk pertumbuhan tanaman. Tanah longsor atau gerakan tanah adalah proses perpindahan massa tanah secara alami dari tempat yang tinggi ke tempat rendah.
7. Minyak kelapa sawit digunakan untuk produksi etanol dan methanol Cangkang buah kelapa sawit dapat dikonversi ke arang briket untuk digunakan dalam industri semen dan pembangkit listrik. Limbah cair dari pemerosesan minyak sawit efluen dapat dikonversi menjadi Biogas dan digunakan untuk bahan bakar mesin biogas untuk menghasilkan listrik.
8. Penguraian Anaerobik Biomassa yang berkadar air tinggi lebih cocok menggunakan penguraian anaerobik. Proses biologis ini terjadi di dalam sebuah perangkat pengurai dan menghasilkan biogas yang terdiri dari Metana (CH_3) dan CO_2 . Metana dapat digunakan untuk pemanas atau memasak, untuk menjalankan mesin pembakaran internal gabungan panas dan tenaga (CHP) atau gas dapat dimurnikan, dipadatkan dan digunakan untuk menggantikan aplikasi gas alam konvensional.

TUGAS FORMATIF 2

1. Sebutkan sumber Biomassa?
2. Apa yang dimaksud dengan Biofuel?
3. Jelaskan Proses konversi biomassa untuk energi yang berguna ?
4. Jelaskan Proses Pra-Pengolahan Sebelum Konversi Biomassa Menjadi Bahan Bakar?
5. Jelaskan apa yang dimaksud dengan penguraian anaerobik?
6. jelaskan sumber Biofuel?

KUNCI JAWABAN

1. Sumber Biomassa
 - ✓ Tanaman penghasil energi berotasi pendek - rotasi tanam pendek mempercepat panen dari pepohonan yang tumbuh untuk biomassa menjadi hanya beberapa tahun. Karena batang yang dipanen berusia muda, biomassa yang dihasilkan cenderung memiliki proporsi kulit pohon yang tinggi.
 - ✓ Rumput & tanaman - tanaman penghasil energi non kayu - tanaman tahunan yang dapat menawarkan hasil yang tinggi seperti Miskantus, Switchgrass, Alangalang Kenari, Alang-alang raksasa, rami, dll.
 - ✓ Tanaman - tanaman pertanian penghasil energi - Tanaman- tanaman ini sudah dikenal baik oleh petani. Termasuk di dalamnya, tanaman penghasil gula seperti bit gula dan tebu; Tanaman pati seperti gandum, jagung dan kentang; Tanaman penghasil minyak seperti minyak rapa atau bahkan limbah minyak nabati.
 - ✓ Tanaman yang hidup di air / tanaman hidroponik - Baik ganggang mikro dan makro seperti rumput laut dan kelps. Gulma kolam dan danau juga termasuk dalam tanaman air. Namun tanamantanaman ini mempunyai kadar air yang tinggi sehingga perlu dikeringkan sebelum digunakan.
2. Biofuel adalah bahan bakar yang digunakan untuk memasak, tenaga listrik, pemanasan dan transportasi. Biomassa adalah bahan baku yang digunakan untuk membuat bahan bakar ini. Biomassa padat digunakan sebagai bahan bakar untuk memasak, pemanas, dan sebagai bahan bakar untuk boiler di industri kecil dan menengah. Biomassa padat juga dapat diubah menjadi bahan bakar gas dan cair seperti biogas, bio-diesel, bio-ethanol dan gas sintetis. Banjir yang disebabkan manusia secara tidak langsung.
3. Terdapat sejumlah opsi teknologi yang tersedia untuk mengolah berbagai jenis biomassa menjadi sumber energi terbarukan. Teknologi konversi dapat

melepaskan energi secara langsung, dalam bentuk panas atau listrik atau mengubahnya ke bentuk lain, seperti biofuel atau biogas.

- a. Thermal Conversion - Konversi Termal - Proses yang mencakup pembakaran dan gasifikasi untuk menghasilkan Listrik dan gas sintetik.
 - b. Combined Heat And Power (Chp) - Gabungan Panas Dan Energi atau cogeneration adalah proses di mana biomassa digunakan untuk bahan bakar mesin CHP untuk pembangkit listrik simultan dan panas. Tri-generasi adalah ekstensi lanjut untuk memasukkan suatu proses pendingin untuk pengkondisian udara juga.
 - c. Co-Firing - Pembakaran bersama adalah proses penggantian bahan bakar fosil yang dipasok ke pembangkit listrik atau boiler dengan energi alternatif terbarukan seperti minyak nabati (terutama kelapa). Biofuel potensial lainnya seperti minyak tall dari industri kertas (kayu pinus), minyak pirolisis atau gas sintetik juga dapat digunakan. menghasilkan beberapa kW, hingga boiler yang canggih dan mampu memanaskan seluruh ruangan melalui skema pemanasan distrik, dan dengan output berskala MW atau lebih menghasilkan beberapa kW, hingga boiler yang canggih dan mampu memanaskan seluruh ruangan melalui skema pemanasan distrik, dan dengan output berskala MW atau lebih.
 - d. Konversi Biokimia - Transesterifikasi atau mengkonversi minyak nabati murni atau sampahnya ke Biodiesel -Fermentasi gula dan tanaman kaya pati menjadi Etanol -Penguraian anaerobik untuk menghasilkan Biogas.
4. Terdapat sejumlah opsi teknologi yang tersedia untuk mengolah berbagai jenis biomassa menjadi sumber energi terbarukan. Teknologi konversi dapat melepaskan energi secara langsung, dalam bentuk panas atau listrik atau mengubahnya ke bentuk lain, seperti biofuel atau biogas.
- c. Penanganan mencakup pemotongan dengan panjang seragam, perajangan, penggilingan atau pencacahan.
 - d. Pengeringan, mengurangi kadar air. Pengeringan dapat dibagi menjadi 3 tipe
- ✓ Pengeringan pasif, adalah metode pengeringan yang biasanya termurah, memerlukan peralatan tambahan atau energi eksternal minimal, tetapi juga paling lambat. Metode ini dapat digunakan untuk mencapai kadar air 25- 30%. Namun, jika dibutuhkan pengurangan kadar air yang lebih besar, diperlukan pengeringan aktif.

- ✓ Pengeringan Aktif memerlukan asupan energi eksternal seperti angin atau konveksi udara, dikombinasikan dengan ventilasi yang baik, bersama dengan kipas angin atau blower dan biasanya dengan sistem pemanas.
 - ✓ Campuran - Jika ada dua jenis bahan dan salah satunya sangat kering, campur bahan ini dengan bahan berkadar air yang lebih tinggi untuk mengurangi tingkat rata-rata kelembaban
 - Penyimpanan. Tempat penyimpanan biomassa harus dirancang dengan baik dan dibangun untuk sejumlah fungsi. Penyimpanan tersebut harus mampu menjaga bahan bakar tetap dalam kondisi yang baik, terutama melindunginya dari kelembaban.
5. Penguraian Anaerobik Biomassa yang berkadar air tinggi lebih cocok menggunakan penguraian anaerobik. Proses biologis ini terjadi di dalam sebuah perangkat pengurai dan menghasilkan biogas yang terdiri dari Metana (CH_4) dan CO_2 . Metana dapat digunakan untuk pemanas atau memasak, untuk menjalankan mesin pembakaran internal gabungan panas dan tenaga (CHP) atau gas dapat dimurnikan, dipadatkan dan digunakan untuk menggantikan aplikasi gas alam konvensional.
6. Sumber potensi limbah biomassa di Indonesia berasal dari: Sektor kehutanan: 15.450.000 m^3 /tahun; Tanaman perkebunan: 64 juta ton / tahun; Pertanian: 144,5 ton / tahun dan limbah padat perkotaan: 4.135.450 ton / tahun. Sebagai contoh, kelapa sawit. Tanaman ini adalah tanaman yang serbaguna. Minyak kelapa sawit dapat digunakan untuk produksi etanol dan methanol Cangkang buah kelapa sawit dapat dikonversi ke arang briket untuk digunakan dalam industri semen dan pembangkit listrik. Limbah cair dari pemerosesan minyak sawit efluen dapat dikonversi menjadi Biogas dan digunakan untuk bahan bakar mesin biogas untuk menghasilkan listrik

Lembar Kerja Praktek 2

Kegiatan Pembelajaran 3: Dye Sensitized Solar Cell

KEMAMPUAN AKHIR YANG DIHARAPKAN

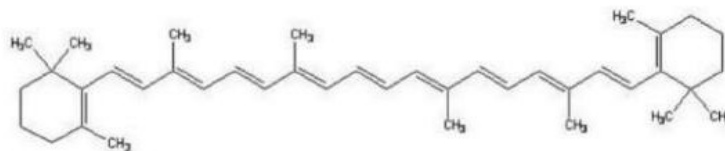
1. Mahasiswa mampu memahami mengurangi bencana alam
2. Mahasiswa bisa penyelenggarakan penanggulangan bencana alam

URAIAN MATERI

A. Pengertian Dye Sensitized Solar Cell

Dye Sensitized Solar Cell (DSSC), sejak pertama kali ditemukan oleh Professor Michael Gratzel pada tahun 1991, telah menjadi salah satu topik penelitian yang dilakukan intensif oleh peneliti di seluruh dunia. DSSC disebut juga terobosan pertama dalam teknologi sel surya sejak sel surya silikon.

Telah banyak peneliti yang telah mengembangkan DSSC dengan mencoba berbagai jenis dye alam dari ekstrak tumbuhan. Beberapa yang telah dikembangkan diantaranya adalah ekstrak dye atau pigmen tumbuhan seperti ekstrak klorofil beta karoten. Salah satu hasil DSSC yang telah dikembangkan adalah DSSC yang dibuat oleh Gao (2000) menggunakan karotenoid berhasil membuat DSSC dengan efisiensi 3% dan stabil pada 1 jam penyinaran cahaya matahari.

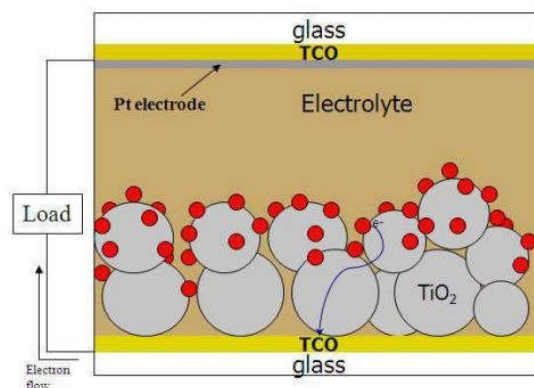


Gambar 8.1. Struktur moleku pigmen β carotene

Beberapa keuntungan sistem sel surya ini adalah proses pabrikasinya lebih sederhana tanpa menggunakan peralatan rumit dan mahal sehingga biaya pabrikasinya lebih murah. Namun demikian, sel surya ini memiliki kelemahan yaitu stabilitasnya rendah karena penggunaan elektrolit cair yang mudah mengalami degradasi atau kebocoran. Pengembangan teknologi sensitisasi dari bahan alam organik menarik untuk dipelajari karena ketersediaannya di alam yang melimpah. Molekul *dyesensitizer* dari senyawa *β -Carotene* merupakan bahan organik yang sangat menjanjikan untuk dijadikan bahan pembuatan devais sel surya. Salah satu syarat agar dye bisa berfungsi sebagai sensitizer, maka bahan tersebut haruslah mampu sebagai medium transfer pembawa muatan listrik sebagai akibat dari foton

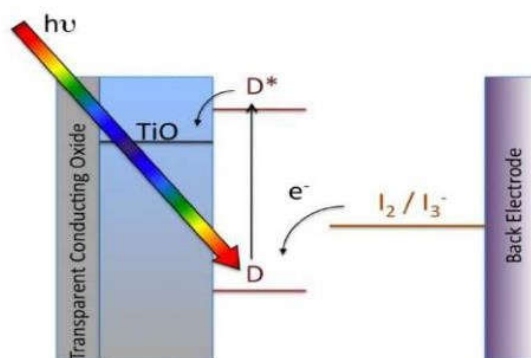
yang diserap. Dalam studi penelitian ini akan dibuat sel surya DSSC berbahan alam β -Carotene yang dikombinasikan dengan material semikonduktor TiO_2 .

DSSC telah banyak membuat perhatian sebagai sel photovoltaic padat yang konvensional dengan harga yang rendah. DSSC adalah sel surya fotoelektrokimia sehingga menggunakan elektrolit sebagai medium transport muatan. Selain elektrolit, DSSC terbagi menjadi beberapa bagian yang terdiri dari nanopori TiO_2 molekul dye yang teradsorpsi di permukaan TiO_2 dan katalis yang semuanya dideposisi diantara dua kaca konduktif.



Gambar 8.2 Struktur *Dye Sensitized Solar Cell*

β -carotene sebagai sebuah pigmen utama yang efektif sebagai fotosensitizer pada proses fotosintesis dari tumbuhan hijau, yang memiliki absorpsi maxium pada 670 nm. Sehingga klorofil merupakan komponen menarik sebagai bagian yang terlihat dari fotosensitizer yang visibel. Pengubahan energi radiasi matahari (cahaya) menjadi energi kimia terjadi mula-mula karena eksitasi rangsangan elektron. Ini dapat diartikan secara sederhana dengan pemindah elektron dari orbit dasar (paling dekat dengan inti) ke orbit yang lebih tinggi. Atom berada pada keadaan paling stabil bila elektron menempati shell (garis orbit) yang paling dekat dengan inti (keadaan energi paling kecil atau posisi dasar elektron)



Gambar 8.3 Mekanisme transpot elektron pada DSSC

B. Pembuatan DSSC

Sebelum kita ke pembuatan DSSC, kita perlu ketahui tahapan proses dalam pembuatan DSSC. Berikut tahapan proses yang dilakukan dalam pembuatan DSSC, antara lain:

1. Ekstraksi. Ekstraksi merupakan pemisahan pigmen-pigmen pewarna (dye). Ekstraksi menggunakan mortar kemudian dilarutkan aseton (80%) sebanyak 100 ml. Larutan kemudian difilter dengan menggunakan kertas saring.
2. Kromatografi. Menyiapkan kolom kromatografi dengan memasukkan kertas saring dan glassy wool ke ujung kolom. Kemudian n-heksan dimasukkan kedalam kolom dan silicon gel sedikit demi sedikit dan mengusahakan tidak ada rongga atau gelembung. Setelah itu, hasil ekstraksi dimasukkan ke dalam kolom.
3. Preparasi elektrolit Larutan elektrolit iodide/triiodide dibuat dengan mencampurkan potassium Iodide ke acetone dan dicampur dengan iodine sampai larut.
4. Penyusunan DSSC TiO₂ yang sudah dibuat pasta dioleskan pada substrat, kemudian dicelupkan pada larutan dye yakni larutan mikroalga spirulina hasil kromatografi dan membentuk menjadi sandwich kemudian dijepit dengan penjepit pada kedua sisi. Kemudian larutan elektrolit diteteskan di sela-sela antara kedua rongga elektrode.
5. Pengujian sel surya Sel surya diuji elektriknya dengan sistem pengukuran Keithley 2602A dan IPCE dengan spectral response measurement.

Proses inilah yang akan dilakukan oleh seorang peneliti bidang fisika material dalam pembuatan divais DSSC. Pembuatan DSSC sangat mudah dan sederhana.

Berikut tahapan pembuatan divais DSSC, antara lain

1. Alat dan Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan divais DSSC mencakup substrat kaca Fluorine doped Tin Oxide (FTO), Titanium (IV) dioksida (TiO₂) nanopowder 21 nm, Poli Etilen Glikol (PEG) 400, Kalium Iodida (KI), Iodin (I₂), Etanol, Pt (Hexachloroplatinic (IV) asam 10%), Isopropanol, alkohol 70%, dan kulit Manggis. Peralatan yang digunakan termasuk multimeter digital, hot plate dengan magnetic stirrer, pengering rambut (hair dryer), pembersih ultrasonic, gelas beaker ukuran 10 ml dan 50 ml, pipet, botol kaca ukuran 5 ml, timbangan digital, filter paper Whatman no.42, mortar Kromatografi kolom, dan spin coater.

2. Persiapan

Setelah alat dan bahan sudah siap, selanjutnya ke tahap persiapan. Tahap persiapan ini termasuk membersihkan alat untuk ekstraksi dan persiapan pembuatan TiO_2 pasta. Proses persiapan untuk ekstraksi dilakukan dengan alat berupa mortar, kaca Fluorine doped Tin Oxide (FTO), botol kaca, gelas beaker dan penetes dengan etanol pembersih dan menggunakan pembersih ultrasonik agar alat-alat bebas dari bahan-bahan yang tidak dapat dibersihkan dengan air. Peralatan bersih mempengaruhi hasil pengujian sampel.

3. Pembersihan kaca FTO

Alkohol 70% dituang ke dalam gelas beaker sebanyak 100 ml. Kaca FTO 2,5 x 2,5 cm yang akan dibersihkan dimasukkan dalam gelas beaker. Ultrasonic cleaner diisi aquades untuk batas yang ditentukan. Kaca FTO yang telah dimasukkan ke dalam gelas beaker tersebut kemudian dimasukkan ke dalam sebuah pembersih ultrasonik selama 30 menit. Setelah 30 menit, kaca FTO tersebut dikeringkan dengan menggunakan pengering rambut (hairdryer). Kemudian kita ukur resistensi kaca FTO tersebut menggunakan multimeter digital.

4. Pembuatan pasta TiO_2

Serbuk TiO_2 sebanyak 0,5 gram dilarutkan dalam 2 ml etanol kemudian di aduk menggunakan pusaran pengaduk dengan kecepatan 200-300 rpm selama 30 menit. Ketika sudah terbentuk pasta TiO_2 kemudian pasta TiO_2 dimasukkan ke dalam botol dan ditutupi aluminium foil kemudian disimpan di tempat yang sejuk dan terhindar dari sinar matahari secara langsung untuk mengurangi proses penguapan.

5. Ekstraksi Kulit Manggis

Kulit manggis yang sudah dikeringkan ditimbang menggunakan timbangan digital sebanyak 25 gram. Setelah itu, kulit buah Manggis dihaluskan menggunakan mortar. Kulit buah Manggis yang sudah halus dilarutkan dalam 125 ml pelarut etanol dengan perbandingan (1:5) dan kemudian diaduk selama 60 menit menggunakan pusaran pengaduk dengan kecepatan rotasi 300 rpm dengan suhu 60°C . Setelah proses pengadukan selesai dan kemudian campuran disaring dengan filter paper Whatman no.42 dan hasil ekstraksi kulit manggis tersebut dimasukkan ke dalam botol dan didiamkan selama 24 jam. Hasil ekstraksi kemudian di kromatografi dengan menuangkan hasil ekstraksi ke dalam kolom Kromatografi dan menunggu hasil kromatografi.

6. Pembuatan Elektroda Kerja

Elektroda Kerja terbuat dari kaca konduktif FTO yang TiO_2 nano pasta disimpan oleh spin lapisan teknik. Di FTO kaca berukuran $2,5 \times 2,5$ cm membentuk area untuk pengendapan TiO_2 berukuran $2 \times 1,5$ cm di atas permukaan konduktif. Sisi FTO direkam rekaman sebagai penghalang. Pasta TiO_2 ditetaskan di kaca FTO yang telah terpaku di spinner, kemudian di pengadukan dengan kecepatan rpm 200-300 dengan waktu yang telah ditentukan. TiO_2 FTO dilapisi kaca dipanaskan menggunakan kompor pada 500°C selama 60 menit, kemudian didinginkan hingga suhu kamar. Skema daerah pengendapan pasta TiO_2

7. Pembuatan Elektrolit

Kalium iodida (KI) sebanyak 0,8 gram (0,5 M) dalam bentuk padat dicampur ke dalam 10 ml Polietilen Glikol 400 kemudian diaduk. Di samping solusi ditambahkan odium (I_2) 0.127 gram (0.05 M) yang kemudian diaduk dengan pusaran pengaduk pada 300 rpm selama 30 menit. Larutan elektrolit selesai disimpan dalam wadah tertutup dilapisi dengan aluminium foil.

8. Pembuatan Elektroda Lawan

Elektrode lawan adalah FTO konduktif kaca yang sudah dilapisi dengan lapisan tipis dari Platinum (Hexachloroplatinic (IV) asam 10%). Langkah- langkah pembuatan elektroda lawan adalah 1 ml dari Hexachloroplatinic (IV) asam 10% dicampur dengan 207 ml isopropanol dan kemudian diaduk menggunakan pengaduk vortex dengan kecepatan 300 rpm selama 30 menit. FTO kaca sengit menggunakan kompor di 250°C selama 15 menit kemudian tumpah 3 ml larutan platinum pada permukaan substrat kaca FTO dengan metode drop. Kaca yang telah ditetesi platinum kemudian didinginkan untuk mencapai suhu kamar.

9. Penyerapan pewarna pada lapisan TiO_2

Substrat kaca FTO konduktif yang telah disimpan lapisan TiO_2 kemudian direndam dalam pewarna ekstrak kulit manggis selama 24 jam.

10. Pembuatan Sandwich DSSC

Pengaturan DSSC lapisan kaca FTO yang telah dilapisi TiO_2 dan telah dicelup dalam larutan pewarna hasil ekstraksi disebut elektroda kerja. Elektroda kerja ditetes larutan elektrolit dan kemudian ditutup dengan elektroda lawan yang dilapisi platinum yang disebut elektroda lawan. Kemudian divais DSSC

tersebut dijepit di kedua sisi kanan dan kiri sehingga tidak lepas.

11. Ekstraksi Dye

Studi yang dilakukan dalam penelitian biasanya menggunakan pelarut etanol untuk melarutkan karotenoid yang diekstrak dari bahan alam pigmen kulit buah manggis. Bahan tersebut diekstraksi dan dibersihkan dengan air, kemudian sebanyak 25 gram kulit Manggis dikeringkan dan setelah itu dihaluskan menggunakan mortar. Kemudian hasil gerusan kulit manggis itu dicampur dengan 50 ml etanol, diaduk selama 60 menit 200 rpm menggunakan magnetic stirrer pada suhu kamar. Setelah pengadukan dan kemudian sampel didiamkan selama 24 jam dan disaring menggunakan kertas Whatman No.

42. setelah penyaringan, hasil ekstraksi disimpan dalam wadah tertutup dan terlindungi dari sinar matahari.

12. Analisis Absorbansi

Metode Spektrofotometri digunakan untuk penentuan simultan β -karoten. Metode Spektrofotometri menunjukkan potensi untuk analisis β -karoten karena pigmen dapat menyerap radiasi di cahaya tampak. Isi dari masing-masing bahan yang diekstrak dianalisis menggunakan Spectrophotometer UV-Vis Shimadzu 1601 PC untuk menentukan sifat absorbansi bahan. Kisaran panjang gelombang analisa penyerapan spektrum cahaya tampak adalah 300-800 nm, dari hasil pengukuran karakteristik absorbansi kemudian dikenal jenis pewarna konten dari bahan alami.

13. Konduktivitas Bahan

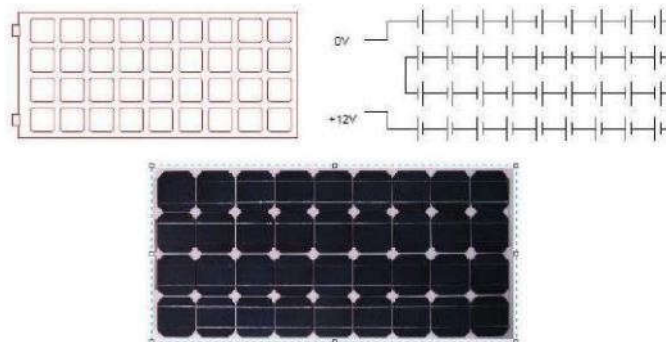
Pengukuran konduktivitas menggunakan Elkahfi 100/ IV-Meter dilakukan dalam keadaan gelap dengan menutup semua bagian wadah menggunakan aluminium foil dan di bawah radiasi menggunakan 100 W, dengan sumber cahaya dari lampu halogen dan intensitas energi 680.3 W/m². Lampu halogen digunakan karena memiliki spektrum penuh yang menyerupai spektrum cahaya tampak. Dari hasil pengukuran konduktivitas kemudian ditentukan (σ) berbagai bahan.

C. Aplikasi DSSC Silikon

Sel surya atau juga sering disebut fotovoltaiik adalah divais yang mampu mengkonversi langsung cahaya matahari menjadi listrik. Sel surya bisa disebut sebagai pemeran utama untuk memaksimalkan potensi sangat besar energi cahaya matahari yang sampai kebumi, walaupun selain dipergunakan untuk menghasilkan listrik, energi dari matahari juga bisa dimaksimalkan energi panasnya melalui sistem solar thermal.

Sel surya dapat dianalogikan sebagai divais dengan dua terminal atau sambungan, dimana saat kondisi gelap atau tidak cukup cahaya berfungsi seperti dioda, dan saat disinari dengan cahaya matahari dapat menghasilkan tegangan. Ketika disinari, umumnya satu sel surya komersial menghasilkan tegangan DC sebesar 0,5 sampai 1 volt, dan arus short-circuit dalam skala milliampere per cm^2 . Besar tegangan dan arus ini tidak cukup untuk berbagai aplikasi, sehingga umumnya sejumlah sel surya disusun secara seri membentuk modul surya. Satu modul surya biasanya terdiri dari 28-36 sel surya, dan total menghasilkan tegangan dc sebesar 12 V dalam kondisi penyinaran standar (Air Mass 1.5). Modul surya tersebut bisa digabungkan secara paralel atau seri untuk memperbesar total tegangan dan arus outputnya sesuai dengan daya yang dibutuhkan untuk aplikasi tertentu.

Gambar 8.4 Sel Surya



D. Struktur Sel Surya

Sesuai dengan perkembangan sains & teknologi, jenis-jenis teknologi sel surya pun berkembang dengan berbagai inovasi. Ada yang disebut sel surya generasi satu, dua, tiga dan empat, dengan struktur atau bagian - bagian penyusun sel yang berbeda pula. Dalam tulisan ini akan dibahas struktur dan cara kerja dari sel surya yang umum berada dipasaran saat ini yaitu sel surya berbasis material silikon yang juga secara umum mencakup struktur dan cara kerja sel surya generasi pertama (sel surya silikon) dan kedua (thin film/lapisan tipis).



Gambar 8.5 Struktur Sel Surya

Gambar 8.2 menunjukkan ilustrasi sel surya dan juga bagian-bagiannya. Secara umum terdiri dari:

a. Substrat/Metal backing

Substrat adalah material yang menopang seluruh komponen sel surya. Material substrat juga harus mempunyai konduktifitas listrik yang baik karena juga berfungsi sebagai kontak terminal positif sel surya, sehingga umumnya digunakan material metal atau logam seperti aluminium atau molybdenum. Untuk sel surya dye-sensitized (DSSC) dan sel surya organik, substrat juga berfungsi sebagai tempat masuknya cahaya sehingga material yang digunakan yaitu material yang konduktif tapi juga transparan seperti indium tin oxide (ITO) dan fluorine doped tin oxide (FTO).

b. Material semikonduktor

Material semikonduktor merupakan bagian inti dari sel surya yang biasanya mempunyai tebal sampai beberapa ratus mikrometer untuk sel surya generasi pertama (silikon), dan 1-3 mikrometer untuk sel surya lapisan tipis. Material semikonduktor inilah yang berfungsi menyerap cahaya dari sinar matahari. Untuk kasus gambar diatas, semikonduktor yang digunakan adalah material silikon, yang umum diaplikasikan di industri elektronik. Sedangkan untuk sel surya lapisan tipis, material semikonduktor yang umum digunakan dan telah masuk pasaran yaitu contohnya material Cu(In,Ga)(S,Se)_2 (CIGS), CdTe (kadmium telluride), dan amorphous silikon, disamping material-material semikonduktor potensial lain yang dalam sedang dalam penelitian intensif seperti $\text{Cu}_2\text{ZnSn(S,Se)}_4$ (CZTS) dan Cu_2O (copper oxide).

Bagian semikonduktor tersebut terdiri dari junction atau gabungan dari dua material semikonduktor yaitu semikonduktor tipe-p (material-material yang disebutkan diatas) dan tipe-n (silikon tipe-n, CdS,dll) yang membentuk p-n junction. P-n junction ini menjadi kunci dari prinsip kerja sel surya.

c. Kontak metal (contact grid)

Selain substrat sebagai kontak positif, diatas sebagian material semikonduktor biasanya dilapiskan material metal atau material konduktif transparan sebagai kontak negatif.

d. Lapisan antireflektif

Refleksi cahaya harus diminimalisir agar mengoptimalkan cahaya yang terserap oleh semikonduktor. Oleh karena itu biasanya sel surya dilapisi oleh lapisan anti-refleksi. Material anti-refleksi ini adalah lapisan tipis material dengan besar indeks refraktif optik antara semikonduktor dan udara yang menyebabkan cahaya dibelokkan ke arah semikonduktor sehingga meminimumkan cahaya yang dipantulkan kembali.

e. Enkapsulasi (cover glass)

Bagian ini berfungsi sebagai enkapsulasi untuk melindungi modul surya dari hujan atau kotoran.

Contoh Soal 8.3: jelaskan sejarah *Dye Sensitized Solar Cell*?

Jawab : *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC), sejak pertama kali ditemukan oleh Professor Michael Gratzel pada tahun 1991, telah menjadi salah satu topik penelitian yang dilakukan intensif oleh peneliti di seluruh dunia. DSSC disebut juga terobosan pertama dalam teknologi sel surya sejak sel surya silikon.

Telah banyak peneliti yang telah mengembangkan DSSC dengan mencoba berbagai jenis dye alam dari ekstrak tumbuhan. Beberapa yang telah dikembangkan diantaranya adalah ekstrak dye atau pigmen tumbuhan seperti ekstrak klorofil beta karoten. Salah satu hasil DSSC yang telah dikembangkan adalah DSSC yang dibuat oleh Gao (2000) menggunakan karotenoid berhasil membuat DSSC dengan efisiensi 3% dan stabil pada 1 jam penyinaran cahaya matahari

PENUGASAN KELAS

1. Bentuklah kelompok kecil dan diskusikanlah apa *Dye Sensitized Solar Cell* bagi kehidupan sehari-hari?
2. Diskusikanlah dalam kelompok kecil apa bagaimana cara pembuatan *Dye Sensitized Solar Cell*?

RANGKUMAN

1. *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC), sejak pertama kali ditemukan oleh Professor Michael Gratzel pada tahun 1991, telah menjadi salah satu topik penelitian yang dilakukan intensif oleh peneliti di seluruh dunia. DSSC disebut juga terobosan pertama dalam teknologi sel surya sejak sel surya silikon.
2. Telah banyak peneliti yang telah mengembangkan DSSC dengan mencoba berbagai jenis dye alam dari ekstrak tumbuhan. Beberapa yang telah dikembangkan diantaranya adalah ekstrak dye atau pigmen tumbuhan seperti ekstrak klorofil beta karoten. Salah satu hasil DSSC yang telah dikembangkan adalah DSSC yang dibuat oleh Gao (2000) menggunakan karotenoid berhasil membuat DSSC dengan efisiensi 3% dan stabil pada 1 jam penyinaran cahaya matahari.
3. DSSC telah banyak membuat perhatian sebagai sel photovoltaic padat yang konvensional dengan harga yang rendah. DSSC adalah sel surya fotoelektrokimia sehingga menggunakan elektrolit sebagai medium transport muatan. Selain elektrolit, DSSC terbagi menjadi beberapa bagian yang terdiri dari nanopori TiO₂ molekul dye yang teradsorpsi di permukaan TiO₂ dan katalis yang semuanya dideposisi diantara dua kaca konduktif.
4. Ekstraksi. Ekstraksi merupakan pemisahan pigmen-pigmen pewarna (dye). Ekstraksi menggunakan mortar kemudian dilarutkan aseton (80%) sebanyak 100 ml. Larutan kemudian difilter dengan menggunakan kertas saring.
5. Kromatografi. Menyiapkan kolom kromatografi dengan memasukkan kertas saring dan glassy wool ke ujung kolom. Kemudian n-heksan dimasukkan kedalam kolom dan silicon gel sedikit demi sedikit dan mengusahakan tidak ada rongga atau gelembung. Setelah itu, hasil ekstraksi dimasukkan ke dalam kolom.
6. Preparasi elektrolit Larutan elektrolit iodide/triiodide dibuat dengan mencampurkan potassium Iodide ke acetone dan dicampur dengan iodine sampai larut.
7. Penyusunan DSSC TiO₂ yang sudah dibuat pasta dioleskan pada substrat, kemudian dicelupkan pada larutan dye yakni larutan mikroalga spirulina hasil kromatografi dan membentuk menjadi sandwich kemudian dijepit dengan penjepit pada kedua sisi. Kemudian larutan elektrolit diteteskan di sela-sela antara kedua rongga elektrode.
8. Pengujian sel surya Sel surya diuji elektriknya dengan sistem pengukuran Keithley 2602A dan IPCE dengan spectral response measurement.

9. Sel surya atau juga sering disebut fotovoltaiik adalah divais yang mampu mengkonversi langsung cahaya matahari menjadi listrik. Sel surya bisa disebut sebagai pemeran utama untuk memaksimalkan potensi sangat besar energi cahaya matahari yang sampai kebumi, walaupun selain dipergunakan untuk menghasilkan listrik, energi dari matahari juga bisa dimaksimalkan energi panasnya melalui sistem solar thermal.
10. Sel surya dapat dianalogikan sebagai divais dengan dua terminal atau sambungan, dimana saat kondisi gelap atau tidak cukup cahaya berfungsi seperti dioda, dan saat disinari dengan cahaya matahari dapat menghasilkan tegangan. Ketika disinari, umumnya satu sel surya komersial menghasilkan tegangan DC sebesar 0,5 sampai 1 volt, dan arus short-circuit dalam skala milliampere per cm^2 .
11. Sesuai dengan perkembangan sains & teknologi, jenis-jenis teknologi sel surya pun berkembang dengan berbagai inovasi. Ada yang disebut sel surya generasi satu, dua, tiga dan empat, dengan struktur atau bagian - bagian penyusun sel yang berbeda pula. Dalam tulisan ini akan dibahas struktur dan cara kerja dari sel surya yang umum berada dipasaran saat ini yaitu sel surya berbasis material silikon yang juga secara umum mencakup struktur dan cara kerja sel surya generasi pertama (sel surya silikon) dan kedua (thin film/lapisan tipis).

TUGAS FORMATIF 3

1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan Ekstraksi?
2. Jelaskan mengenai Aplikasi DSSC Silikon?
3. Tuliskan struktur sel surya?
4. Jelaskan mengenai Kromatografi?
5. Jelaskan Pembuatan DSSC?

KUNCI JAWABAN

1. Ekstraksi merupakan pemisahan pigmen-pigmen pewarna (dye). Ekstraksi menggunakan mortar kemudian dilarutkan aseton (80%) sebanyak 100 ml. Larutan kemudian difilter dengan menggunakan kertas saring.
2. Sel surya atau juga sering disebut fotovoltaiik adalah divais yang mampu mengkonversi langsung cahaya matahari menjadi listrik. Sel surya bisa disebut sebagai pemeran utama untuk memaksimalkan potensi sangat

besar energi cahaya matahari yang sampai kebumi, walaupun selain dipergunakan untuk menghasilkan listrik, energi dari matahari juga bisa dimaksimalkan energi panasnya melalui sistem solar thermal.

Sel surya dapat dianalogikan sebagai divais dengan dua terminal atau sambungan, dimana saat kondisi gelap atau tidak cukup cahaya berfungsi seperti dioda, dan saat disinari dengan cahaya matahari dapat menghasilkan tegangan. Ketika disinari, umumnya satu sel surya komersial menghasilkan tegangan DC sebesar 0,5 sampai 1 volt, dan arus short-circuit dalam skala milliampere per cm^2 .

3. Struktur sel surya
 - a. Substrat/Metal backing
 - b. Material semikonduktor
 - c. Kontak metal (contact grid)
 - d. Lapisan antireflektif
 - e. Enkapsulasi (cover glass)
4. Kromatografi. Menyiapkan kolom kromatografi dengan memasukkan kertas saring dan glassy wool ke ujung kolom. Kemudian n-heksan dimasukkan kedalam kolom dan silicon gel sedikit demi sedikit dan mengusahakan tidak ada rongga atau gelembung. Setelah itu, hasil ekstraksi dimasukkan ke dalam kolom.
5. Berikut tahapan proses yang dilakukan dalam pembuatan DSSC, antara lain:
 - a. Ekstraksi. Ekstraksi merupakan pemisahan pigmen-pigmen pewarna (dye). Ekstraksi menggunakan mortar kemudian dilarutkan aseton (80%) sebanyak 100 ml. Larutan kemudian difilter dengan menggunakan kertas saring.
 - b. Kromatografi. Menyiapkan kolom kromatografi dengan memasukkan kertas saring dan glassy wool ke ujung kolom. Kemudian n-heksan dimasukkan kedalam kolom dan silicon gel sedikit demi sedikit dan mengusahakan tidak ada rongga atau gelembung. Setelah itu, hasil ekstraksi dimasukkan ke dalam kolom.
 - c. Preparasi elektrolit Larutan elektrolit iodide/triiodide dibuat dengan mencampurkan potassium Iodide ke acetone dan dicampur dengan iodine sampai larut.
 - d. Penyusunan DSSC TiO_2 yang sudah dibuat pasta dioleskan pada substrat, kemudian dicelupkan pada larutan dye yakni larutan mikroalga spirulina

hasil kromatografi dan membentuk menjadi sandwich kemudian dijepit dengan penjepit pada kedua sisi. Kemudian larutan elektrolit ditetaskan di sela-sela antara kedua rongga elektrode.

- e. Pengujian sel surya Sel surya diuji elektriknya dengan sistem pengukuran Keithley 2602A dan IPCE dengan spectral response measurement.

Lembar Kerja Praktek 3

DAFTAR PUSTAKA

- Fwalukow Auldry. (2010). Penentuan Status Mutu Air dengan Metode Storet Dudanau Sentanijayapura Propinsi Papua. *Berita Biologi* 10(3).
- Herlambang Arie. (2006). Air dan Strategi Penanggulangannya. *Jurnal JAI Vol. 2, No 1*
- Rizki Ahmad, Dkk. (2018). Analisis Kualitas Air dan Beban Pencemaran di Danau Pondok Lapan Kecamatan Salapian Kabupaten Langkat. *Jurnal Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Pertanian*.
- Rukandar D. (2017). Pencemaran Air: Pengertian, Penyebab, dan Dampaknya. *Jurnal Mimbar Hukum* Vol.21, 1(23-24).
- Yudianto Adi.(2012).Air Dalam Kehidupan. *Jurnal Air Indonesia Vol .5,4*.
- Hughes, Rebecca (2008). *Journal of Chemical Information and Modeling*. Vol 53, 9(287).
- Hastuti, Reza dkk (2017). Sistem Pendeteksi Pencemaran Udara Ambien Di Kawasan Lumpur Lapindo Dengan Menggunakan Logika Fuzzy. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (J-PTIIK) Universitas Brawijaya*. Vol 1, 5 (361-367)
- Jansen, Freddy dkk (2011). Tingkat Pencemaran Udara CO Akibat Lalu Lintas Dengan Model Prediksi Polusi Udara Skala Mikro.*Jurnal Ilmiah Media Engineering*. Vol 1, 2(119-126).
- Kurniawan, Agusta (2018). Pengukuran Parameter Kualitas Udara (Co, No₂, So₂, O₃ Dan Pm₁₀) Di Bukit Kototabang Berbasis Ispu. *Jurnal Teknosains*. Vol 7, 1(1).
- R. D. Ratnani (2008). Teknik Pengendalian Pencemaran Udara Yang Diakibatkan oleh Partikel. *Jurnal Momentum UNWAHAS*. Vol. 4, No. 2(114195).
- Suryatna, Rafi'i. 1990. Pengantar Meteorologi dan Klimatologi. Bandung: Angkasa
- Fisika lingkungan dan

- Azwar, S, 1989. *Sikap Manusia: Teori dan Pengukurannya Edisi ke-1*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Daryanto, 1995. *Ekologi dan Sumber Daya Alam*. Bandung: Tarsito Isroi, 2008.
- Cara Mudah Mengolah Sampah Pasar 1,
Tjokrokusumo. *Pengantar Konsep Teknologi Bersih*. Yogyakarta: Sekolah. Tinggi Teknik Lingkungan YLH.1995.
- Bayong, Tjasyono. 1999. *Klimatologi Umum*. Bandung: FMIPA - ITB.
- Daldjoeni, N. 1986. *Pokok-pokok Klimatologi*. Bandung: Alumnus.
- Cheng-YI Kuo, Shui-Yang Lien. 2008. *TiO₂ thickness effect on performance of dye-sensitized solar cells*. AMTACT 2008.
- Ahyar Hardani.2020. *Dye-Sensitized Solar Cell: Teori Dan Aplikasinya*.
<https://www.researchgate.net/publication/339676335>
- Kencanawati, C. I. 2017. *Bahan Ajar Mata Kuliah: Akustik, Noise dan Material Penyerap Suara*. Denpasar: Universitas Udayana.
- Marianus. 2018. *Fisika Lingkungan: Teori, Konsep Dan Pengukurannya*. Surabaya: R.A.De.Rozarie.
- Yulianto, Bambang & Darjati. 2017. *Fisika Lingkungan*. Jakarta: PPSDM Kemenkes RI.
- http://file.upi.edu/direktori/frips/jur._pend._geografi/197106041999031-IWAN_SETIAWAN/Penanggulangan_Bencana.pdf
- [http://file.upi.edu/direktori/frips/jur._pend._geografi/197106041999031-IWAN_SETIAWAN/Bencana Alam Akibat Manusia .pdf](http://file.upi.edu/direktori/frips/jur._pend._geografi/197106041999031-IWAN_SETIAWAN/Bencana_Alam_Akibat_Manusia.pdf)
- [http://file.upi.edu/direktori/frips/jur._pend._geografi/197106041999031-IWAN_SETIAWAN/Bencana Alam Alami .pdf](http://file.upi.edu/direktori/frips/jur._pend._geografi/197106041999031-IWAN_SETIAWAN/Bencana_Alam_Alatami.pdf)
- [http://rickywidii.blogspot.com/2013/04/makalah-penanggulangan-pencemaran air.html](http://rickywidii.blogspot.com/2013/04/makalah-penanggulangan-pencemaran-air.html)
- <https://www.sehatfresh.com/cara-mencegah-dan-menanggulangi-polusi-suara/>
- <http://repository.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/67127/Chapter%20II.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

<http://isroi.wordpress.com/2008/03/25/cara-mudah-mengolah-sampah-pasar-1/>

(Diakses tanggal 19 Desember 2013, 19.03)

<https://downloadcontohmakalah.blogspot.com/2013/05/makalah-pencemaran-udara.html>

<http://keslikers.blogspot.com/2015/05/makalah-pencemaran-suara.html>

<https://rimbakita.com/polusi-suara>